

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

«На правах рукопису»

УДК 621.311

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

Кудря С.О.

«___» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою « Нетрадиційні та відновлювані
джерела енергії »**

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

**на тему: « Порівняльний розрахунок дахової фотоелектричної станції
для гуртожитку № 19 НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського »**

Виконала:

студентка II курсу, групи ЕД-91мп

Воловик Валерія Максимівна

Науковий керівник:

Доцент, к.т.н.,

Кириленко Всеволод Михайлович

Консультант з _____:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студентка _____

Київ – 2020 року

Пояснювальна записка
До магістерської дисертації

На тему: «Порівняльний розрахунок дахової фотоелектричної станції для гуртожитку № 19 НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського»

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра відновлюваних джерел енергії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Кудря С.О.

«__» _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Воловик Валерії Максимівні

1. Тема магістерської дисертації «Порівняльний розрахунок дахової фотоелектричної станції для гуртожитку № 19 НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського», науковий керівник магістерської дисертації Кириленко Всеволод Михайлович, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «09» листопада 2020р. № 3260-с
2. Термін подання студентом магістерської дисертації «17» грудня 2020 року.
3. Об'єкт дослідження: дахова мережева станція гуртожитку № 19 НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського.
4. Вихідні дані: місце розташування СЕС; розміри даху.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - а) реалізація мережевих СЕС та їх комплектація;
 - б) вибір електротехнічного обладнання;
 - в) розрахунок СЕС для гуртожитку № 19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»;
 - г) електрична схема СЕС та її приєднання до зовнішньої електричної мережі;
 - е) аналіз можливості підвищення генерації електричної енергії, шляхом використання трекеру зі зміною кута нахилу;

г) розрахунок терміну окупності;

е) розробка стартап-проекту

є) охорона праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

а) плакат (назва магістерської дисертації);

б) схема даху та розміщення фотоелектричних модулів;

в) електрична схема приєднання фотоелектричних модулів до інвертора;

г) електрична схема приєднання сонячної електростанції до мережі

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 тези в міжнародному науково-технічному журналі молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», 2019р., на тему: «Тенденції розвитку систем кріплення фотоелектричних модулів»;

1 тези в міжнародному науково-технічному журналі молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», 2020р., на тему: «Нові технології в галузі сонячної енергетики та перспективи їх розвитку».

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7) Дата видачі завдання: «01» вересня 2020 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Робота з літературою	07.09.2020 – 11.09.2020	
2	Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні	14.09.2020 – 18.09.2020	
3	Опис мережевих СЕС	21.09.2020 – 25.09.2020	
4	Формулювання мети та задач проекту	28.09.2020 – 02.10.2020	
5	Вибір електротехнічного обладнання	05.10.2020 – 09.10.2020	
6	Аналіз можливості підвищення генерації електричної енергії шляхом використання трекерів зі змінним кутом нахилу	12.10.2020 – 16.10.2020	
7	Вибір ТП, підключення ФЕМ до інверторів, підключення СЕС до ТП	19.10.2020 – 23.10.2020	
8	Аналіз розрахунків вартості СЕС, виробітку електроенергії та терміну окупності	26.10.2020 – 30.10.2020	
9	Розробка стартап-проекту	02.11.2020 – 20.11.2020	
10	Охорона праці	23.11.2020 – 27.11.2020	
11	Робота над графічною частиною	30.11.2020 – 11.12.2020	
12	Оформлення роботи, підготовка до здачі	14.12.2020 – 18.12.2020	
13	Здача завершеної роботи	22.12.2020	

Студент

Воловик В.М.

Науковий керівник

Кириленко В.М

Реферат

Магістерська дисертація складається з: 98 – аркушів, 25 – таблиць, 47 – рисунків, 21 – перелік посилань.

Мета і задачі дослідження дисертації:

Мета роботи: підвищення генерації електричної енергії сонячною електростанцією на даху гуртожитка №19 НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського"

Об'єкт дослідження: продуктивність дахової сонячної електростанції

Предмет дослідження: генерація електроенергії даховою електростанцією при різних кутах нахилу фотомодулів і їх дискретній комбінації на протязі року.

Наукова новизна одержаних результатів: встановлено, що найбільший виробіток електроенергії і максимальне використання площі даху гуртожитку мають місце при нульовому куті нахилу фотомодулів, а також при зміні кутів нахилу двічі на рік з 20° на інтервалі квітень - вересень на 40° для періоду жовтень - березень.

Практичне значення.

1. Встановлено, що використання оптимальних за генерованою потужністю кутів нахилу фотомодуля і моментів їх зміни, а також горизонтального розташування фотомодулів дозволяє збільшити генерацію електричної енергії дахової фотоелектростанції на гуртожитку №19 для продажу в загальну мережу в межах до 1,5 разів.
2. Розроблено трекер з дискретним набором кутів установки фотомодулів для дахових електростанцій.
3. Отримані результати можливо використати при проектуванні дахових сонячних електростанцій на інших об'єктах КПІ.

Апробація результатів дисертації. Матеріали магістерської дисертації розглядалися на Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики» в 2019 та 2020 роках.

Задачі:

1. Розглянути перспективи і сучасні тенденції розвитку сонячної енергетики в Україні в області дахових мережевих електростанцій.
2. Виконати оптимізаційний аналіз можливості підвищення генерації електричної енергії шляхом використання трекерів зі зміним кутом нахилу.
3. Вибрати оптимальний за виробітком електроенергії варіант розташування фотомодулів дахової сонячної електростанції з дискретною зміною кутів нахилу.
4. Спроекувати дахову сонячну електростанцію для гуртожитку №19, вибрати обладнання і схему підключення до мережі.
5. Виконати аналіз вартості СЕС, виробітку електроенергії та терміну окупності.
6. Розробити трекер з можливістю ручного перемикання між кількома дискретними кутами нахилу.

Abstract

The master's thesis consists of: 98 – sheets, 25 - tables, 47 - figures, 21- list of references.

Purpose and objectives of the thesis research:

Purpose of work: increase of electric energy generation by solar power plant on the roof of dormitory № 19 NTUU "KPI named after I. Sikorsky"

Object of study: productivity of rooftop solar power plant

Subject of study: power generation by rooftop power plant at different angles of inclination of photomodules and their discrete combination throughout the year.

Scientific novelty of the obtained results: it has been established that the greatest power generation and the maximum use of the dormitory roof area take place at zero slope angle of photomodules as well as when changing the slope angle twice a year from 20 for the interval April - September to 40 for the period October - March.

Practical significance.

1. It was found that the use of optimal on the generated power photomodule tilt angles and moments of their change, as well as the horizontal location of photomodules allows to increase the power generation of roof photovoltaic plant on the dormitory #19 for sale in the general network in the range of up to 1.5 times.
2. Developed a tracker with a discrete set of photomodule installation angles for roof photovoltaic power plants.
3. The results obtained can be used in the design of rooftop solar power plants at other KPI sites.

Approbation of the results of the thesis. Materials of the master's thesis were considered at the International scientific and technical conference of young

scientists, graduate students and students "Modern problems of electrical engineering and automation" in 2019 and 2020.

tasks:

1. To consider the prospects and current trends in the development of solar energy in Ukraine in the field of roof grid power plants.
2. Perform an optimization analysis of the possibility of increasing the generation of electrical energy through the use of trackers with changes in the angle of inclination.
3. To choose the best option for generating electricity, the location of photomodules of a roof solar power plant with discrete changes in the angle of inclination.
4. Design a rooftop solar power plant for dormitory #19, select equipment and network connection scheme.
5. Perform an analysis of the cost of the solar power plant, power generation and payback period.
6. To develop a tracker with the possibility of manual switching between several discrete slope angles.

Зміст

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	14
ВСТУП.....	15
РОЗДІЛ 1 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТОКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ ТА НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	16
1.1 Перспективи розвитку сонячної енергетики України станом на 2020 рік	16
1.2 Вплив сонячних фотоелектричних станцій на навколишнє середовище..	18
1.3 Фактори впливу на ефективність коефіцієнта корисної дії фотоелектричних модулів	20
1.4 Вплив кута нахилу на генерацію фотоелектричних модулів	23
1.5 Види систем кріплення сонячних панелей та їх основні переваги	24
1.6 Жалюзі з фотоелектричними елементами	36
1.7 Сонячна черепиця	39
Загальні висновки.....	41
РОЗДІЛ 2 ВИБІР ОСНОВНОГО МЕХАНІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДАХОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ.....	42
2.1 Вибір фотоелектричних модулів для СЕС	42
2.2 Вибір інверторів для сонячної електричної станції.....	45
2.2.1 Основні характеристики інвертора компанії виробника Fronius марки Symo 10.0-3-M.....	46
2.2.2 Основні характеристики інвертора компанії виробника Fronius марки ECO 27.0-3-S	48
2.3 Системи кріплення фотоелектричних модулів	49
2.4 Вибір кабелю	50
2.4.1 Вибір кабелю для підключення фотоелектричної станції до ТП	50
2.4.2 Вибір кабелю для підключення фотоелектричних модулів до інвертора	51
2.5 Вибір запобіжників	53
2.5.1 Вибір запобіжників для сонячних модулів	53
2.6 Вибір вимикачів	54
2.6.1 Вибір вимикачів для фотоелектричних модулів	54
2.6.2 Вибір вимикачів для інверторів	55

2.7 Вибір обмежувач перенапруги	56
2.7.1 Вибір обмежувач перенапруги для фотоелектричних модулів	56
2.8 Вибір системи моніторингу	56
Загальний висновок.....	57
РОЗДІЛ 3 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ДАХОВОЇ МЕРЕЖЕВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ СТУДЕНТСЬКОГО ГУРТОЖИТКУ №19 НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО ІНСТИТУТУ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»	59
3.2 Розміщення сонячних модулів на даху гуртожитку	59
3.3 Електрична схема з'єднання фотоелектричних модулів з інверторами....	61
3.4 Електрична схема з'єднання СЕС із зовнішньою електромережою.....	62
3.5 Аналіз приходу сонячної радіації для обраної місцевості.....	65
3.6 Вибір кута нахилу фотоелектричних панелей	67
3.7 Порівняльний розрахунок генерації фотоелектричних модулів для різних кутів нахилу	69
Загальний висновок	77
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ	78
4.1 Розробка технології дахової системи кріплення для фотоелектричних модулів з можливістю зміни кута нахилу.....	78
4.1.1 Опис ідеї даного проєкту	78
4.1.2 Технологічний аудит стартап-проєкту	79
Загальний висновок.....	85
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДЛЯ ДАХОВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ГУРТОЖИТКУ №19 НТУУ «КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»	86
5.1 Економічний розрахунок сонячної електричної станції.....	86
5.1.1 Загальний розрахунок вартості дахової сонячної електричної станції при зміні кута нахилу 2 рази на рік.....	86
5.1.2 Загальний розрахунок вартості дахової сонячної електричної станції при цілорічному розташуванні фотоелектричних модулів під кутом 0° ..	92
Загальний висновок.....	96
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	98
6.1. Вплив небезпечних і шкідливих факторів на людину в період використання обладнання сонячної станції	98

6.2. Пожежна безпека в період використання обладнання сонячної станції	104
6.3. Вплив фотоелектричної сонячної станції на навколишнє середовище під час будівництва	106
6.3.1 Вплив фотоелектричної станції на клімат та мікроклімат.	106
6.3.2 Вплив фотоелектричної станції на повітряне середовище.....	106
6.3.3 Вплив фотоелектричної станції на водне середовище.....	106
6.3.4 Вплив фотоелектричної станції на заповідні зони.	106
6.3.5 Вплив фотоелектричної станції на соціальне середовище.....	107
6.3.6 Вплив фотоелектричної станції на техногенне середовище.	107
6.4 Вплив фотоелектричної станції на навколишнє середовища, після введення її в експлуатацію.....	107
6.4.1 Візуальний вплив фотоелектричної станції.	107
6.4.2 Вплив електромагнітного випромінювання фотоелектричної станції.	107
6.4.3 Вплив фотоелектричної станції на землекористування.....	107
Загальний висновок.....	108
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	109
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	110

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СЕС – сонячна електрична станція

КПІ – Київський політехнічний інститут

ФЕМ – фотоелектричні модулі

ККД – коефіцієнт корисної дії

ТП – трансформаторна підстанція

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ЄС – Європейський Союз

ВСТУП

У всьому світі набирають оберти відновлювальні джерела, як в країнах ЄС так і в Україні. Основна ідея переходу до «зеленої» енергії від традиційних видів паливних елементів – це безпосередньо їх вичерпність, а в результаті цього і постійне зростання цін. Україна має досить високий потенціал сонячної енергії, чим і користується при встановленні сонячних теплових та фотоелектричних станцій. Сонячну енергію можна використовувати як теплову, так і електричну. [1]

На даний момент тема ВДЕ, зокрема сонячної енергетики є дуже актуальною. Через можливість забезпечувати електроенергією як своє господарство, так і продавати за умовами «зеленого» тарифу в електричну мережу.

В даній магістерській дисертації розглянуто можливість підвищення виробництва електроенергії сонячною електростанцією на даху гуртожитка №19 НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського" шляхом вибору оптимальної дискретної комбінації кутів нахилу фотомодулів і показано, що максимальний виробіток електроенергії буде мати місце при нульовому куті нахилу фотомодулів, а мінімальний термін окупності - при зміні орієнтації фотомодулів двічі на рік з встановленням кута нахилу влітку 20° , а взимку - 40° . Для реалізації зміни орієнтації запропоновано оригінальну конструкцію трека з дискретною установкою вибраних кутів. Отримані результати будуть корисними при проєктування дахових сонячних електростанцій і на інших об'єктах.

РОЗДІЛ 1 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТОКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ ТА НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

1.1 Перспективи розвитку сонячної енергетики України станом на 2020 рік

Відновлювана енергетика набирає оберти у всьому світу, не виключенням є і Україна. Оскільки Україна не має достатніх запасів невідновлюваних джерел енергії, то необхідно звернути увагу на використання відновлюваних джерел енергії. Адже, наша країна має досить великий потенціал відновлюваної енергетики, не виключенням є показники сонячної радіації, що і використовують при встановленні сонячних фотоелектричних та теплових станцій. Сонячного потенціалу України достатньо аби досягти рівня Німеччини, яка посідає перше місце за загальною потужністю сонячних установок. Експерти запевняють, що річний потенціал України рівний 6 мільйонам т.у.п., а також дозволило замінити 5 мільярдів м³ природного газу. Карта сонячного випромінювання на території України зображена на рисунку 1.1.

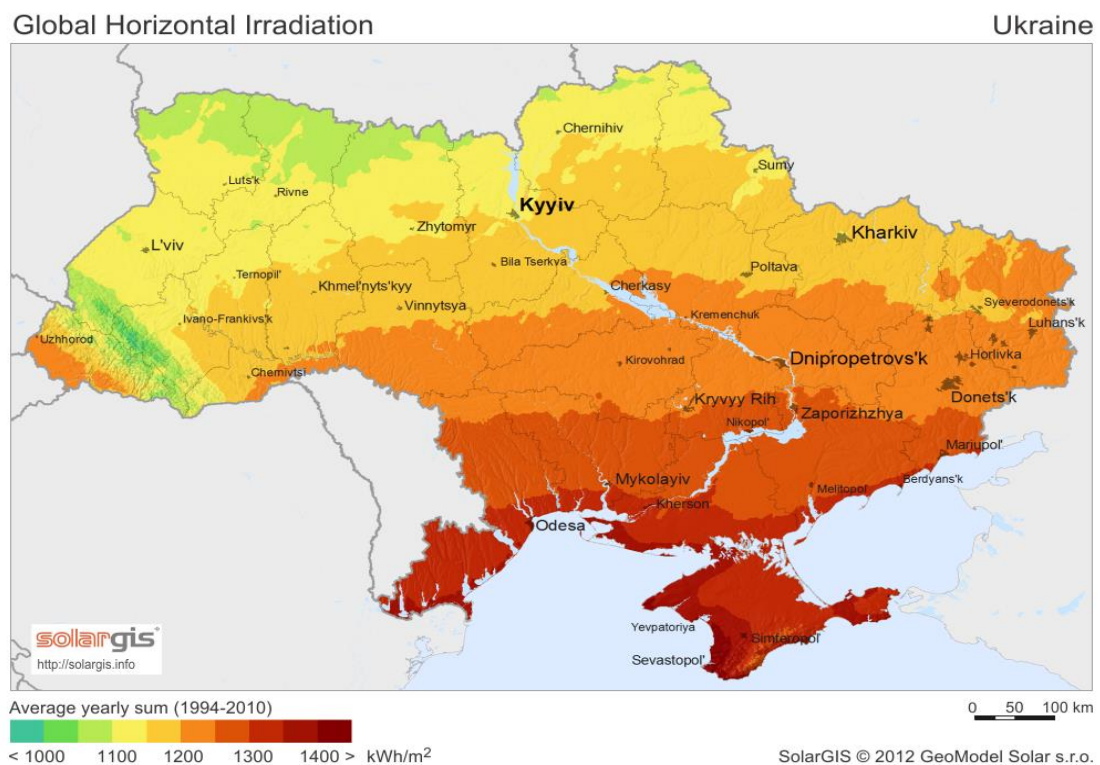


Рисунок 1.1 – Карта сонячного випромінювання на території України

Сонячна енергетика має ряд переваг як для держави так і для конкретного споживача електричної енергії.

Переваги використання відновлюваних джерел енергії для держави:

1. Зменшення відсотку використання невідновлюваних джерел енергії.
2. Зменшення витрат для закупівлі невідновлюваних енергоносіїв.
3. Зменшення ступеня енергозалежності від інших держав.
4. Екологічність використання відновлюваних джерел енергії.

За рахунок значного сонячного потенціалу на території України, значну частку встановленої потужності відновлюваної енергетики становить сонячна енергія. Динаміка потужностей зображена на рисунку 1.2. [2]



Значення наведені без урахування тимчасово окупованих територій України. Станом на 30.09.2020

Рисунок 1.2 – Встановлена потужність відновлюваних джерел енергії за період 2015 – 2020 роки

Звісно, Україна не має на стільки сприятливі умови для потужного розвитку сонячної енергетики, як Греція, Іспанія, Індія та інші південні країни, але за рахунок тривалості світового дня є можливість експлуатації фотоелектричних модулів протягом 5-7 місяців на рік, що є досить перспективним для її повноцінного впровадження в нашій країні.

В результаті швидкого розвитку сонячної енергетики в Україні, а також «зеленого» тарифу, можна спостерігати за значним попитом на проєктування сонячних електричних станцій для особистого використання. [3]

1.2 Вплив сонячних фотоелектричних станцій на навколишнє середовище

На даний момент у світі гостро стоїть питання екологічної катастрофи, на межі якої знаходиться весь світ. Саме через це питання екології обговорюється у всіх можливих сферах.

Одним з заходів розвитку екологічної політики в Україні є розвиток відновлюваної енергетики, зокрема сонячної енергетики. Адже саме відновлювані джерела енергії можуть забезпечити зниження рівня електромагнітного та шумового забруднення, а також зменшити обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

До основних переваг сонячної енергетики можна віднести:

1. Повна енергетична незалежність від країн постачальників традиційного палива. Наша країна є повністю залежною від імпорту традиційного палива з-за кордону, а нарощення потужності сонячних електричних станцій зменшує потреби в дуже дорогому паливі, такому як газ та вугілля.
2. Повна екологічність під час виробництва електричної енергії. Це пов'язано з енергією, яка генерується за рахунок фізичних процесів. Саме цей фактор є найбільш важливим в сучасному світі, що дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.
3. Не потребують особливого обслуговування. Очистка сонячних фотоелектричних модулів від бруду і пилу є найбільш енергоємною процедурою.
4. Досить тривалий термін експлуатації сонячних модулів дає можливість будувати довгострокові плани модернізації електромереж. [4]

Сонячні джерела енергії надають ряд суттєвих переваг в порівнянні із традиційними джерелами енергії і сприяють сталому розвитку. Проте широкомасштабне виробництво має негативний вплив на навколишнє середовище.

До основних чинників негативного впливу на навколишнє середовища можна віднести:

1. Використання великих площ земельних ділянок, для розміщення промислових СЕС. В даній ситуації, дуже велике занепокоєння викликає деградація земель, які використовують для промислових сонячних станцій.

Навіть в порівнянні з вітровими станціями, вони мають менше можливостей спільного використання земель для сільського господарства і фотоелектричної станції. Але вплив сонячних електричних станцій на землю можливо зменшити за рахунок їх розміщення на ділянках з менш якісними ґрунтами.

2. Проблеми, які виникають протягом життєвого циклу компонентів СЕС і їх утилізація.

Під час виробництва електроенергії сонячною станцією, повністю відсутні викиди в атмосферу, проте є викиди пов'язані з іншими стадіями життєвого циклу: виробництво і транспортування матеріалів, а також їх утилізація.

Одною з основних проблем є утилізація накопичувачів: сонячних модулів та акумуляторів.

Переробка сонячних модулів є вкрай важливим аспектом у розвитку відновлюваної енергетики, оскільки для їх виготовлення використовують рідкісні метали, що в результаті може призвести до дефіциту ресурсів у майбутньому.

На сьогоднішній день відходи СЕС не є глобальною проблемою, оскільки їх об'єми – це частки відсотка всього електронного сміття планети. Але вже достатньо опрацьована задача ефективної переробки сонячних модулів по закінченню строку їх використання. Деякі компанії і виробники вже виявили ініціативу для забезпечення більш екологічного і спрощеного процесу утилізації. Крім того новітні технології виробництва сонячних

модулів надають можливість використання компонентів, які зменшують негативний вплив на навколишнє середовище.[5]

1.3 Фактори впливу на ефективність коефіцієнта корисної дії фотоелектричних модулів

Всім відомо, що показник ефективності фотоелектричних модулів дуже впливає на термін окупності станції, а також надає можливість отримувати більше струму від сонячного випромінювання. Також великий вплив на виробіток електроенергії має неправильна експлуатація фотоелектричних модулів, яка може призвести до зниження заявленого значення продуктивності. Саме через це необхідно розуміти, які чинники на це впливають і як можливо підвищити загальну ефективність.

Максимальний показник ефективності можливо досягти при дотриманні наступних умов:

- Кут нахилу фотоелектричних модулів.

Максимальний відсоток вироблення електроенергії можливий при потраплянні сонячних променів під кутом 90° до поверхні фотоелектричних модулів. Дуже важливо контролювати кут нахилу і виставляти його відповідним чином, не менше 2х разів на рік. Існують також кріплення для фотоелектричних модулів з функцією стеження за Сонцем (трекери), але вони мають досить високу вартість в порівнянні зі звичайними кріпленнями.

- Регулярне очищення поверхні фотоелектричних модулів.

Негативного впливу на ефективність поглинання сонячного світла завдає бруд, пил, сніг тощо, які забруднюють фотоелектричні модулі. Слідкувати за чистотою сонячних модулів необхідно декілька разів в сезон, а також регулярно очищувати від снігу і криги взимку.

- Вплив погодних умов.

Погодні умови мають дуже великий вплив на генерацію сонячної станції. Наприклад, при похмурій погоді ефективність сонячних модулів зменшується до 5 разів, через те що щільність сонячного випромінювання

зменшується. Під час випадів опадів (дощ, сніг тощо) модулі можуть навіть взагалі не виробляти енергію.

- Температура навколишнього середовища.

При зміні температури навколишнього середовища, температура фотоелектричних модулів теж буде змінюватися і в результаті може призвести до зміни електричних показників сонячних модулів.

Під час сильного нагрівання фотоелектричних модулів від сонячного світла (температура поверхні модулів може досягати 80 °C), зростає потік електронів, через що відбувається падіння напруги і зростання сили струму. В результаті чого сильно зменшується загальна потужність і зменшується ефективність роботи СЕС.

Саме тому фотоелектричні модулі можуть видати більшу генерацію в зимовий сонячний день, ніж у літню спеку. 25°C - вважається оптимальною робочою температурою для сонячних модулів.

Для зниження температури модулів, необхідно залишати між ними простір, для природнього охолодження від потоків повітряних мас.

- Затінення фотоелектричної станції.

Під час установки фотоелектричних модулів необхідно звертати увагу, аби протягом світлового дня на них не падала тінь. Це в першу чергу стосується дерев, сусідніх будівель і конструкцій, які можуть зменшувати ефективність модулів, затуляючи сонячну станцію.

Навіть короткотривале затінення фотоелектричних комірок значно знижує кількість надходження сонячного випромінювання, що може не тільки знизити потужність фотоелектричних модулів, а і ускладнити передачу енергії по всьому ланцюгу СЕС, саме тому даний фактор потребує негайного усунення. [6]

- Вплив орієнтації фотоелектричних модулів на загальну генерацію СЕС.

Орієнтація фотоелектричних модулів в сторону екватора є ідеальною їх встановлення. І будь-який варіант відхилення буде впливати на загальний виробіток фотоелектричної станції. Але бувають такі випадки, коли орієнтація

на схід неможлива, через конструктивні особливості будинку і це не є помилкою.

Саме тому необхідно розуміти, який вплив буде на генерацію СЕС і які в кінцевому випадку будуть втрати протягом року.

На рисунку 1.3 показаний відсоток продуктивності фотоелектричних модулів в залежності від їх орієнтації.

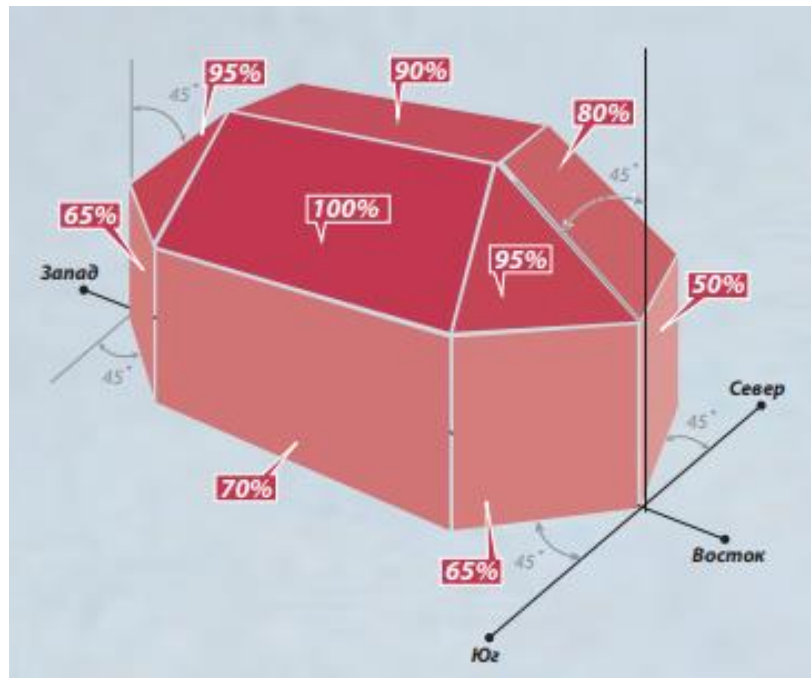
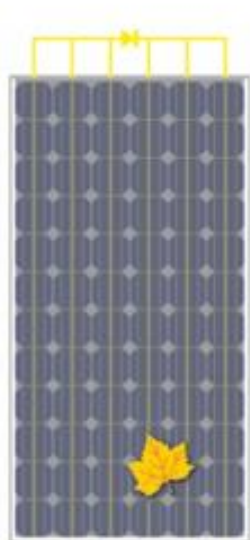


Рисунок 1.3 - Відсоток продуктивності фотоелектричних модулів в залежності від їх орієнтації

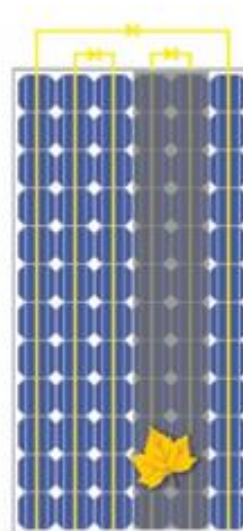
- Байпасні діоди.

Для того, аби запобігти падінню ефективності СЕС зазвичай використовують байпасні діоди. Вони виводять з роботи сонячну панель з низькими показниками і запобігають падінню потужності в стрінгу.

З розвитком технологій виробництва данні діоди почали вмонтовувати на заводі виробника фотоелектричних модулів, що значно більше покращує показники ефективності фотоелектричного модуля і станції в цілому. Завдяки байпасному діоду є можливість відключити ділянки модуля, які в даний момент затінені і не виробляють енергію. На рисунку 1.4 можна побачити залежність відсотку падіння напруги від затінення фотоелектричних модулів і кількості під'єднаних до них байпасних діодів.



100% падіння напруги



33% падіння напруги

Рисунок 1.4 - Залежність відсотку падіння напруги від затінення фотоелектричних модулів і кількості під'єднаних до них байпасних діодів

Отже, можна зробити висновки, що при недотриманні даних правил показник ефективності сонячної електричної станції може значно знизитися і негативно по впливати на отримання необхідного обсягу електричної енергії. Наприклад, цей показник може знизитися до 8 раз. Саме тому, необхідно дотримуватися всіх умов в комплексі, а не кожного пункту окремо, тільки таким чином існує можливість зберегти максимальну ефективність роботи, що закладається заводом виробника на частини комплектації сонячних електричних станцій.

1.4 Вплив кута нахилу на генерацію фотоелектричних модулів

Найбільша ефективність роботи сонячних фотоелектричних модулів відбувається при їх перпендикулярному розміщенні до сонячних променів. Саме через це кут нахилу фотоелектричних модулів до обрію є одним з найважливіших факторів впливу на генерацію енергії модулів.

Протягом світлового дня Сонце змінює своє розташування. А також в залежності від пори року, воно має властивість змінювати висоту над рівнем горизонту. Через ці фактори впливу генерація енергії постійно змінюється.

Для оптимального виробітку електроенергії за допомогою сонячних фотоелектричних модулів, необхідно змінювати кут нахилу. Мінімальна кількість зміни кута нахилу – 2 рази на рік (літо/зима), а оптимальною вважається 3-4 рази на рік (зима/весна-осінь/літо). [7]

За для збереження оптимальної орієнтацію, необхідно повертати повністю всю СЕС. Таке повертання може забезпечити трекери – спеціальні поворотні системи. Проте установа трекерів для СЕС невеликої потужності є економічно не вигідним, тому існують наступні варіанти:

- Розміщення сонячних фотоелектричних модулів під стандартним кутом для певного виду місцевості.
- Зменшувати кут нахилу, як мінімум 2 рази на рік – на $10 - 15^\circ$ збільшити взимку і зменшити на таку саму величину влітку. [8]

1.5 Види систем кріплення сонячних панелей та їх основні переваги

1. Баластні кріплення фотоелектричних модулів.

Даний тип кріплення використовують як підтримуючу конструкцію для сонячних модулів, які розміщують на даху приватних, промислових і комерційних будинків. Ці системи можуть компенсувати кут покрівлі за необхідністю, а також є можливість встановлення фотоелектричних модулів на плоских дахах. [9]

Перевагами баластних систем є доступність, простота установки, а також вони не пошкоджують гідроізоляційне покриття, що зменшує ризики псування і протікання даху в період експлуатації.

Баластні системи бувають наступних типів:

- Системи кріплення виконанні з анодованого алюмінію.

Можливість повторного використання для будь-якої фотоелектричної станції, а також легкість каркасу є основними перевагами баластної системи

кріплення з анодованого алюмінію. На рисунку 1.5 зображена баластна система кріплення з анодованого алюмінію.



Рисунок 1.5 - Система баластного кріплення з анодованого алюмінію

- Сталева баластна система кріплення виготовлення з оцинкованого профілю.

Сталева баластна система використовують як підтримуючу конструкцію для сонячних модулів, які розміщують на даху будівель. Вони здатні повністю компенсувати кут покрівлі

Дана система є набагато дешевшою в порівнянні з іншими видами баластних систем, що є її основною перевагою і відмінністю.

На рисунку 1.6 зображена сталева баластна система кріплення виготовлена з оцинкованого профілю.

- Двонаправна система кріплень

Дана система має двонаправне розміщення фотоелектричних модулів на захід та схід, що є значною відмінністю в порівнянні зі звичайними баластними системами кріплення. Саме ця перевага дозволяє мати високі показники СЕС протягом світлового дня.



Рисунок 1.6 - Сталева баластна система кріплення виготовлена з оцинкованого профілю

На рисунку 1.7 зображена двонаправна баластна система кріплення, для розуміння її конструкції.



Рисунок 1.7 - Конструкція двонаправної баластної системи кріплення

До основних переваг баластних систем кріплення фотоелектричних модулів можна віднести:

- ❖ Підвищена стійкість системи кріплення до атмосферних впливів навколишнього середовища.

- ❖ Відносно невелика вага, яка не завдає великого тиску на опорні конструкції даху будинку.
 - ❖ Висока стабільність і довговічність під час постійного користування.
 - ❖ Простота установки.
 - ❖ Немає необхідності у кріпленні до даху, завдяки чому можливо уникнути пошкодження гідроізоляції.
 - ❖ Рівномірно розподіляють навантаження на опорні конструкції будинку за рахунок конструктивних особливостей.
2. Універсальна система кріплення фотоелектричних модулів для похилої площини.

Універсальна система кріплення фотоелектричних модулів є ідеальним рішенням фотоелектричних модулів які розміщуються на похилому даху. Дана система кріплень може використовуватися як для монтажу цілого геліополя, яке заповнює стрінг інвертора, так і для фіксації фотоелектричних модулів на похилій площині даху.

Під час проєктування геліополя, всі фотоелектричні модулі, які входять в стрінг, необхідно розкласти на ряди, які за допомогою універсальних систем кріплення будуть розміщуватися на даху будинку із врахуванням перешкод (димарі та мансардні вікна) і розміру даху. В рядах мажуть знаходитися від 1 до 15 сонячних модулів.

Універсальні системи кріплення можуть використовуватися для наступних матеріалів:

- ❖ Покрівля з металочерепиці.
- ❖ Бітумної поверхні даху
- ❖ Керамочерепиці.
- ❖ Покрівля з шиферу.

На рисунку 1.8 зображена універсальна система кріплень фотоелектричних модулів.



Рисунок 1.8 - Універсальна система кріплень фотоелектричних модулів

До основних переваг універсальних систем кріплення можна віднести:

- ❖ Можливість кріплення фотоелектричних модулів до будь-яких типів похилої площини.
- ❖ Надійність матеріалів, з яких виготовленні системи кріплення
- ❖ Тривалий період експлуатації.
- ❖ Простоті у використанні.
- ❖ Завдяки спеціальному анодованому покриттю, мають підвищену стійкість до атмосферних впливів навколишнього середовища.

3. Наземні системи кріплення фотоелектричних модулів.

Даний тип систем кріплень виготовляється зі сталевого перфорованого оцинкованого профілю і має дуже велику міцність, клас антикорозійного захисту та мають малу вагу.

Наземні системи кріплення фотоелектричних модулів встановлюють на ділянках з будь-якими ґрунтами, рельєфами і є сумісною із різними фундаментними опорами, такими як бетонні та стовпчасті плити і геошурупи, зовнішній вигляд яких зображений на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 - Зовнішній вигляд наземних систем кріплення фотоелектричних модулів

Основні переваги наземних систем кріплення фотоелектричних модулів:

- ❖ Надійність матеріалів, з яких виготовлені дані системи.
- ❖ Прості в експлуатації.
- ❖ Мають високий коефіцієнт надійності.
- ❖ Можуть бути встановлені на будь-яку ділянку з різними типами ґрунтів.
- ❖ Є ефективним рішенням, якщо місця на покрівлі не вистачає, або форма даху чи його орієнтація не придатні для розміщення фотоелектричних модулів.

4. Навіси для автомобілів.

На сталевий каркас непротікаючих навісів для автомобілів є можливість встановити фотоелектричні модулі. Їх можливо легко встановити на будь-яку вільну ділянку. Через можливість досить щільного встановлення фотоелектричних модулів на спеціальному каркасі, вони утворюють герметичну поверху, де можливо розміщувати автомобіль.

Даний каркас можливо поєднати з існуючою будівлею, а також і встановлювати його окремо.

Способи кріплення непротікаючих навісів для автомобілів:

- Баластне.

При встановленні баластного кріплення на землю необхідно встановити баласт і змонтувати до нього каркас. В даному випадку не має потреби у створенні отворів в землі, тому що монтаж відбувається зовні. На рисунку 1.10 зображене баластне кріплення непротікаючого навісу для автомобілів.



Рисунок 1.10 - Зображення баластного кріплення непротікаючого навісу для автомобілів

- Кріплення у вигляді металевих гвинтових палей.

У варіанті кріплення за допомогою гвинтових палей, відбувається їх викручування в землю і надійно втримують каркас протягом тривалого періоду експлуатації. На рисунку 1.12 зображене кріплення непротікаючого навісу за допомогою гвинтових панелей.



*Рисунок 1.12 - Зовнішній вигляд непротікаючого навісу за допомогою
гвинтових панелей*

5. Фасадні системи для кріплення фотоелектричних модулів.

Фасадні системи кріплення – це системи, які є частиною фасадних будівельно-архітектурних елементів будівлі.

Можливості використання фасадних систем кріплення:

- Система кріплення до стін будинку зображена на рисунку 1.13.



*Рисунок 1.13 - Система кріплення фотоелектричних модулів до стіни
будинку*

- Система кріплення фотоелектричних модулів для парканів прибудинкової території зображена на рисунку 1.14.



Рисунок 1.14 - Кріплення сонячних модулів до парканів прибудинкової території

До основних переваг фасадних фотоелектричних станції можна віднести:

- ❖ Надійність матеріалів, з яких виготовлені дані системи кріплення (нержавіюча сталь і алюміній)
- ❖ Кріплення підходять для установки на будь-яких типах фасадів.
- ❖ Прості в експлуатації.
- ❖ Мають високий коефіцієнт надійності.
- ❖ Не займають великих площ.

6. Динамічні системи кріплення сонячних модулів

Кількість енергії отриманої фотоелектричними модулями повністю залежить від ефективності їх роботи. Під час розташування фотоелектричних модулів перпендикулярно до потоку сонячного випромінювання є можливість спостерігати максимальне значення генерованої енергії.

Данні системи кріплення максимально ефективно використовують сонячне випромінювання задля отримання електричної енергії, якщо

порівнювати їх зі статичними системами кріплення. Їх використовують для автоматичного стеження за положенням Сонця протягом світлового дня і забезпечують корегування кута нахилу фотоелектричних модулів підлаштовуючись під пору року.

Динамічні системи кріплення дають можливість збільшити загальний виробіток електричної енергії на 40 – 50 %, якщо порівнювати їх з нерухомими системами кріплення для фотоелектричних модулів.

Основні типи динамічних систем кріплення фотоелектричних модулів:

- Одновісна система кріплення.

Дана система кріплення фотоелектричних модулів рухається тільки по вертикальній осі, вона має властивість підлаштовуватися під положення Сонця, а також стежити за його постійним рухом.

Система кріплення фотоелектричних модулів з вертикально віссю генерує на 15 – 20 % більше електричної енергії в порівнянні із статичною системою. На рисунку 1.15 зображена система кріплення фотоелектричних модулів з вертикальною віссю.

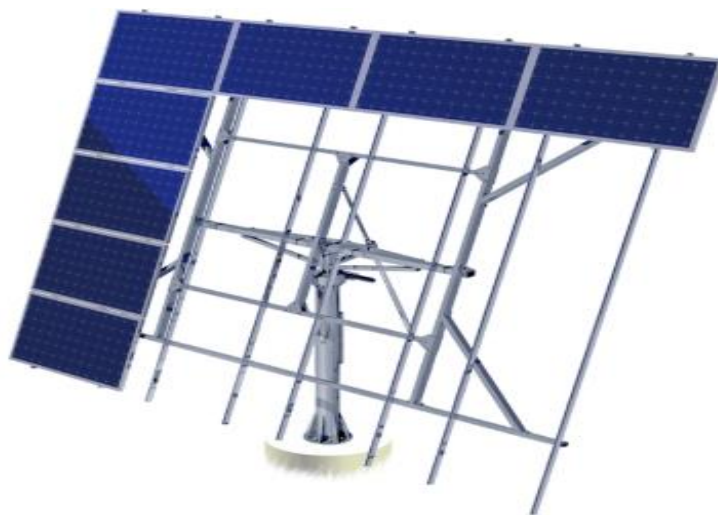


Рисунок 1.15 - Зовнішній вигляд динамічної системи кріплення з вертикальною віссю

- Двовісна система кріплення фотоелектричних модулів

Дана система кріплення фотоелектричних модулів рухається по горизонталі та вертикалі в залежності від розташування Сонця. Двовісну трекерну систему кріплення можна вважати дуже ефективною, тому що генерація електричної енергії незважаючи на місце розташування відбувається протягом максимально можливого часу. На рисунку 1.16 зображена динамічна система кріплення з вертикальною і горизонтальною віссю.

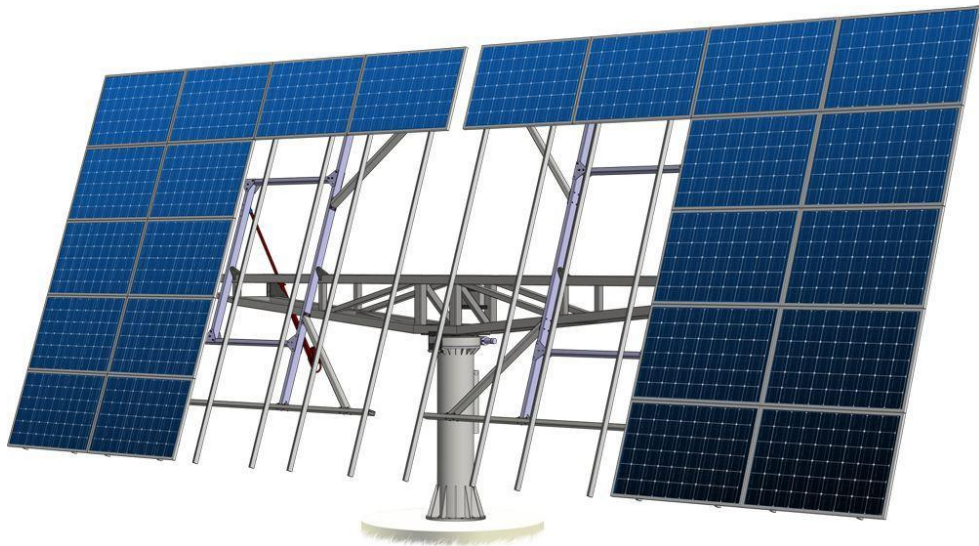


Рисунок 1.16 - Зовнішній вигляд динамічної системи кріплення з вертикальною та горизонтальною віссю

Для регулювання орієнтації сонячних модулів в динамічних системах кріплення використовують системи управління. Вони складаються з електромеханічного приводу, програмного забезпечення, а також блоку управління.

Основні види систем управління за їх функціональним призначенням:

- ❖ Пасивні системи управління.
- ❖ Активні системи управління.
- ❖ Комбіновані.

Пасивні системи управління динамічних систем зазвичай встановлюють сонячний модуль в положення, що задається програмним забезпеченням для

певного проміжку часу. Але у даних системах управління не відбувається аналізування розташування Сонця та освітленості фотоелектричних модулів.

Активні системи управління динамічних систем використовують дані аналізу положення Сонця та освітленості фотоелектричних модулів завдяки вбудованим датчикам іррадіації, які встановлюють сонячні модулі в напрямку найбільшої освітлюваності.

Комбіновані системи управління динамічних систем застосовуються задля підвищення надійності систем кріплення з горизонтальною і вертикальною віссю. В звичайному робочому режимі дана система працюватиме за алгоритмами активної системи, якщо датчик іррадіації вийде з ладу, то система перейде у режим пасивної системи управління.

Великою перевагою комбінованих систем є розташування сонячних модулів в положення флюгування при значному збільшенні сили вітру від встановлених робочих значень.

До основних переваг динамічних систем кріплення фотоелектричних модулів можна віднести:

- ❖ Велика ефективність в порівнянні із статичними СЕС.
- ❖ Висока технологічність системи. Дані системи повністю адаптуються до місцевості їх розташування, в результаті чого відкриваються великі перспективи розвитку через врахування географічних і кліматичних особливостей місцевості. Введення нових технологій в процес виробництва викликає автономію систем керування і зменшує вплив людського фактору на процес виробництва електричної енергії.
- ❖ Дана система має дуже великий термін експлуатації, через повну автоматичність системи, через що зменшується ризик неправильного положення динамічної системи кріплення фотоелектричних модулів. Каркас системи виготовлений з дуже надійних матеріалів з антикорозійним покриттям, таких як алюміній та сталь.

- ❖ Стабільність і надійність під час постійного використання, яка навіть за поганих погодних умов має можливість пристосовуватися з найменшими втратами генерації СЕС і при цьому зменшує ризики виходу з ладу .
- ❖ Одна з найбільших переваг даних систем - це повна автономність. Під час роботи динамічні системи не потребують людського втручання без необхідності і в іншому випадку може призвести навіть до певного відсотку втрат. Автономність є значною перевагою в порівнянні із статичними системами кріплення фотоелектричних станцій.

1.6 Жалюзі з фотоелектричними елементами

Нові технології в галузі сонячної енергетики дуже швидко набирають популярність серед споживачів електричної енергії, які прагнуть значно зменшити свої рахунки за електроенергію. А оскільки попит на сонячну енергію тільки зростає, то компанії виробники стають все більш креативними, як наприклад ідея про створення сонячної черепиці для дахів будинку.

Проте більшість технічних рішень є досить дорогими і не доступним звичайним споживачам електричної енергії. [10]

Компанія SolarGaps запропонувала унікальний винахід, віконні жалюзі з фотоелектричними елементами, які використовують розумні технології для стеження за Сонцем протягом світлового дня. На рисунку 1.17 зображенні жалюзі з фотоелектричними елементами.

Це установка, яка не займає великих площ, як дахові і наземні СЕС, проте включає в себе все, що необхідно для отримання сонячної електричної енергії.

Сонячні жалюзі SolarGaps можна встановити як до внутрішньої, так і до зовнішньої сторони вікон. Проте виробіток буде більший при розміщенні їх на зовні.



Рисунок 1.17 - Жалюзі з фотоелектричними елементами

Виробіток при зовнішньому монтажі становить до 100 – 150 Вт енергії на м² вікна (цього повністю достатньо для живлення 30 світлодіодних ламп).

SolarGaps підходять для великої кількості вікон, а також інтегруються з системами управління розумного будинку (Google Home, Amazon Echo) та іншими пристроями. Контролювати жалюзі можна за допомогою телефону через Wi-Fi або Bluetooth. Також користуючись мобільним додатком є можливість змінювати кут нахилу, опустити або підняти жалюзі, а також спостерігати з а кількістю згенерованої енергії. [11]

Компанія стверджує, що за допомогою жалюзі з фотоелектричними модулями, споживач може зменшити рахунок за електричну енергію на 70 відсотків.

Енергія, яка генерується від SolarGaps може як надходити до мережі, так і накопичуватися в системі акумулювання.

Робочі температури:

- Від -20 ° C до 60 ° C (вологість 20%)
- Від -10 ° C до 40 ° C (вологість 80%)

На рисунку 1.18 зображена схема роботи SolarGaps, для забезпечення будинку електричною енергією.

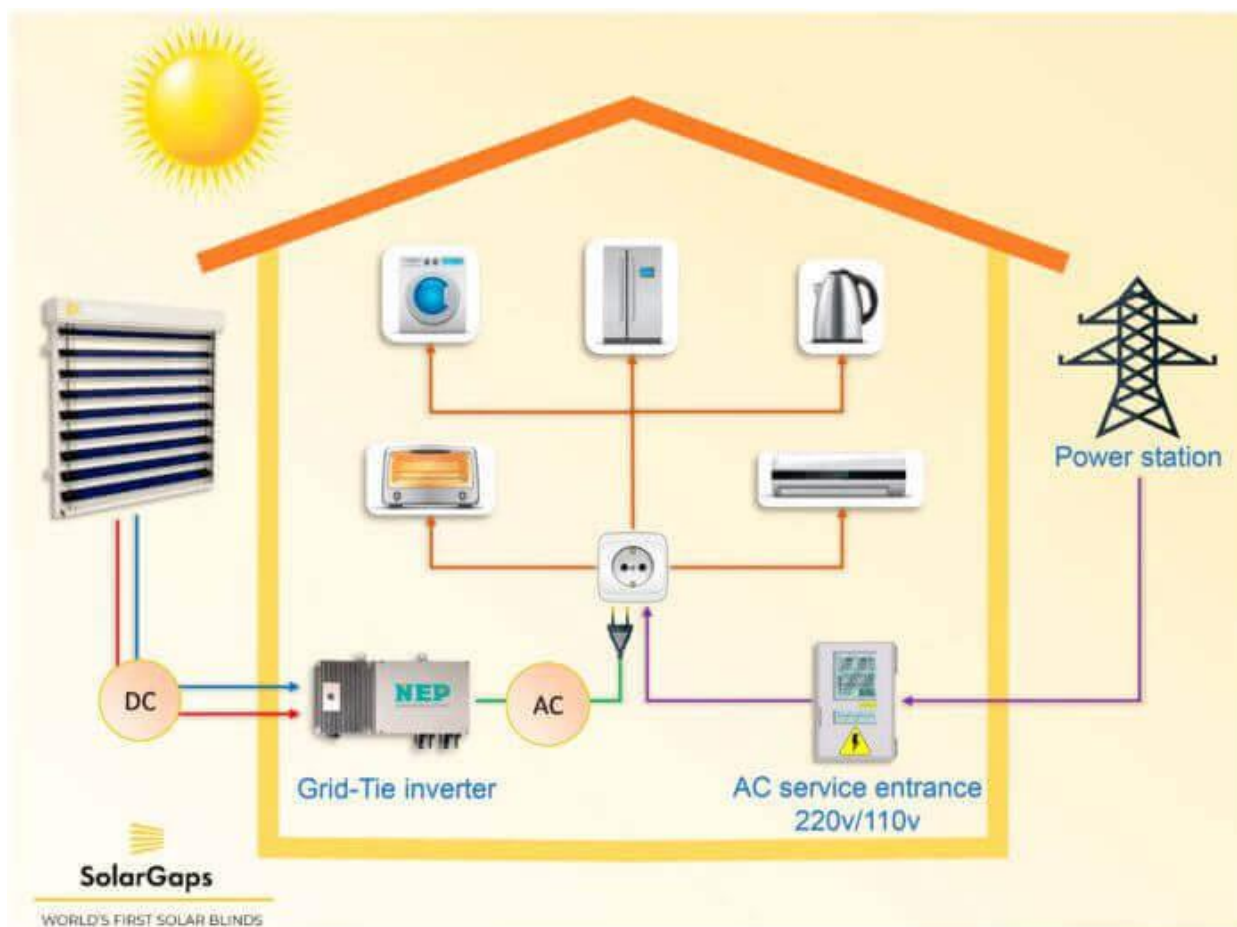


Рисунок 1.18 - Схема перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою SolarGaps

Основні переваги:

- Використовують розсіяне світло для виробництва електричної енергії
- Захист від сонячного випромінювання, що особливо важливо для східних і південних вікон і є основним завданням ролет та жалюзі.
- Прикраса для інтер'єру – ламелі можуть бути будь-яких кольорів,
- Значне зниження споживання кондиціонера – кімната не так нагрівається від сонячного випромінювання влітку. [12]

1.7 Сонячна черепиця

Сонячна черепиця - це фотоелектричні модулі, які імітують функції та зовнішній вигляд основних покрівельних матеріалів (шифер, асфальт, тощо), але при цьому виробляють електричну енергію.

Коли вперше на дахах житлових будинків почали розміщувати фотоелектричні модулі у світі гостро стояло рішення поточної енергетичної кризи. Проте виникла проблема через те, що великі плоскі фотоелектричні модулі не відповідали архітектурному стилю деяких будинків і мало хто хотів руйнувати естетику своїх покрівельних покриттів. Але сонячна черепиця має естетичний вигляд і є досить високоефективною. На рисунку 1.19 зображений зовнішній вигляд сонячної черепиці.[13]

Основні переваги:

- Довголіття.

Середній термін експлуатації сонячної черепиці становить 20 – 30 років і при цьому забезпечують максимальну генерацію енергії і навіть після пікового терміну експлуатації вона буде продовжувати виробіток, але із поступовим зменшенням загальної потужності.

- Необхідна кількість черепиці на даху будинку для забезпечення живлення будинку на пряму буде залежати від середнього споживання електроенергії, а також від розміру будинку. Проте навіть при встановленні декількох черепиць, загальні витрати на електричну енергію стануть значно меншими.

- Матеріал виготовлення.

Велика кількість сучасної сонячної черепиці виготовляється з тонкоплівкових сонячних елементів, які виготовленні з селеніду мідного-індію-галію. Але деякі марки сонячної черепиці виготовляють з монокристалічного кремнію, які мають вищу вартість проте більший коефіцієнт корисної дії до 20%.

- Естетично привабливий вигляд даху в порівнянні з традиційними фотоелектричними модулями, який може поєднуватися з існуючим дизайном даху.
- Є економічно вигіднішою в порівнянні з традиційними покрівельними матеріалами.
- Сонячну черепицю можна перевстановити на інший дах.

Основні недоліки:

- Не на всі існуючі дахи є можливість встановлення сонячної черепиці, на відміну від традиційних фотоелектричних модулів.
- Оскільки сонячна черепиця ще не є дуже популярним матеріалом, відповідно і спеціалісти з її монтажу також не багато.

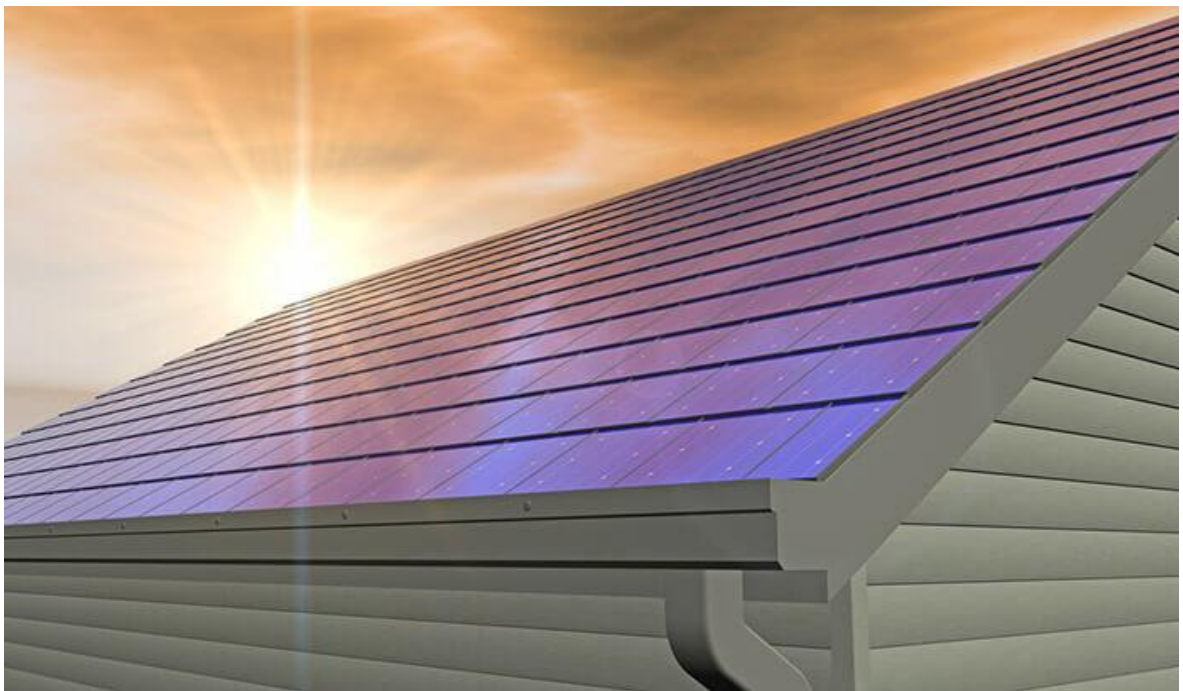


Рисунок 1.19 - Зовнішній вигляд сонячної черепиці

Вартість сонячної черепиці за м² може сильно відрізнятися, в залежності від марки виробника, а загальна вартість буде змінюватись в залежності в загальної площі даху будинку і потреб споживача в електричній енергії. [14]

Загальні висновки:

Отже, з даного розділу можна зробити висновки, що галузь сонячної енергетики є дуже перспективним методом виробітку електричної енергії, яка постійно розвивається.

Україна має досить великий потенціал відновлюваної енергетики, не виключенням є показники сонячної радіації, що і використовують при встановленні сонячних фотоелектричних та теплових станцій. Сонячного потенціалу України достатньо аби досягти рівня Німеччини, яка посідає перше місце за загальною потужністю сонячних установок.

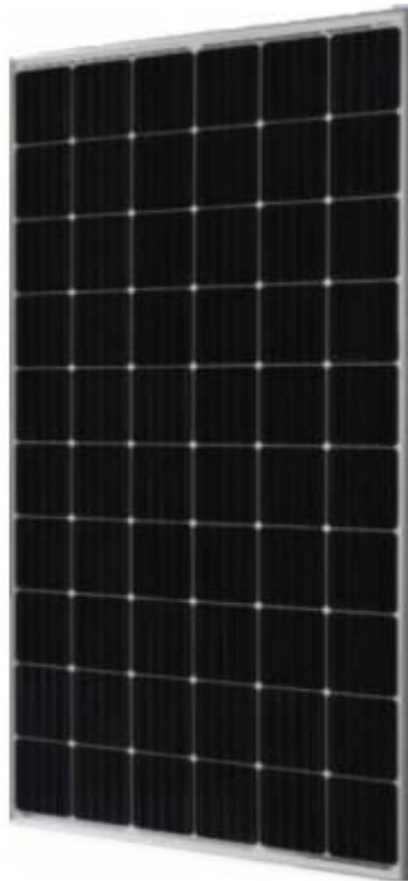
Протягом декількох десятиліть галузь зробила дуже великий крок вперед винайшовши сонячну черепицю та жалюзі, що є елементами конструкції, а також не використовує великих площ за рахунок того, що вони є елементами конструкції будівлі.

Також, на даний момент існує дуже велика кількість кріплень для фотоелектричних модулів, які можливо використовувати за будь-яким призначення.

РОЗДІЛ 2 ВИБІР ОСНОВНОГО МЕХАНІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДАХОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

2.1 Вибір фотоелектричних модулів для СЕС

Для сонячної станції були обрані фотоелектричні модулі компанії JA Solar марки JAM60-S09-320-PR, які є монокристалічними. Номінальна потужність фотоелектричних модулів 320 Вт. На рисунку 2.1 та 2.2 можемо спостерігати зовнішній вигляд і габаритні дані фотоелектричних модулів виробника JA Solar відповідно, а в таблиці 2.1 зазначені основні паспортні дані.[15]



*Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд фотоелектричних модулів виробника JA Solar
марки JAM60-S09-320-PR*

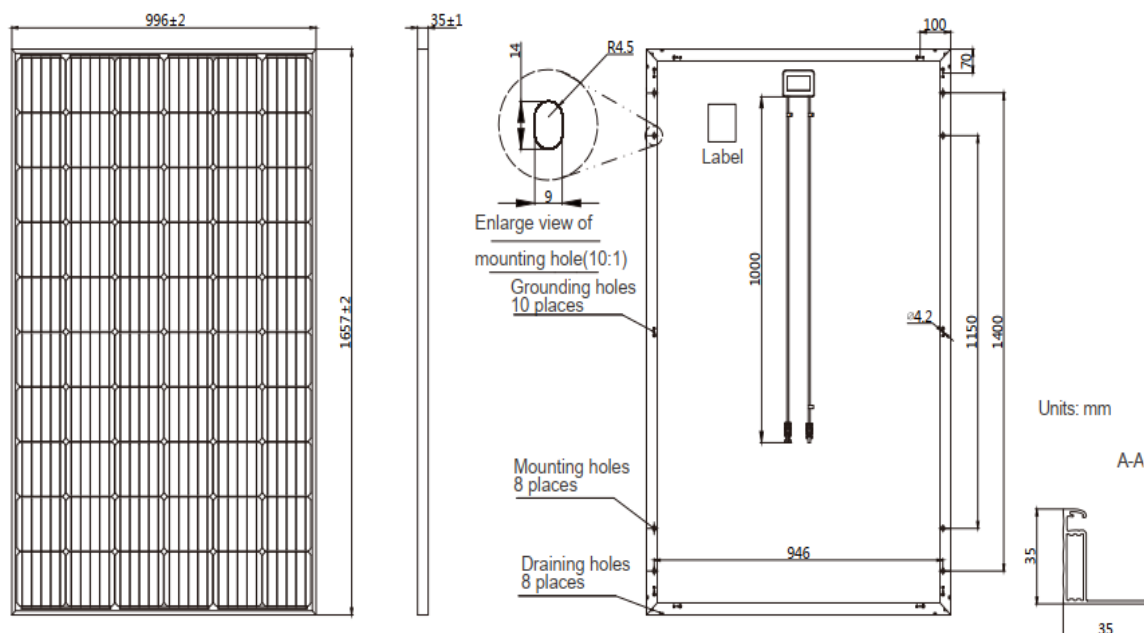


Рисунок 2.2 - Габаритні розміри фотоелектричних модулів JA Solar марки JAM60-S09-320-PR

Таблиця 2.1 - Паспортні дані сонячних модулів марки JA Solar марки JAM60-S09-320-PR

Основні характеристики	Основні позначення	Величина
Характеристики (електротехнічні)		
Максимальна потужність	P_{\max}	320 Вт
Максимальна напруга	V_{\max}	33,17 В
Максимальний струм	I_{\max}	9,65 А
Напруга неробочого ходу	V_{oc}	40,78 В
Струм короткого замкнення	I_{sc}	10,18 А
ККД фотоелектричного	η	19,4%
Габарити		
Маса	M	18,4 кг
Довжина	L	1657 мм
Ширина	B	996 мм
Товщина	H	35 мм

Одним з найважливіших показників сонячних панелей є ВАХ. На графіку вольт-амперної характеристики зображають два параметри фотоелектричних модулів: $I_{кз}$ і $U_{хх}$.

Струм короткого замикання ($I_{кз}$) зазвичай використовують за для в літній час максимально допустимого струму для інверторів і контролерів заряду. Якщо закоротити контакти фотоелектричного модуля є можливість поміряти значення струму короткого замикання.

Напругу холостого ходу ($U_{хх}$) використовують для ряду фотоелектричних модулів, які з'єднанні послідовно, зазвичай при мінімальних температурах навколишнього середовища за для розрахунку їх максимального рівня напруги. Вона необхідна для зменшення можливості пошкодження електричного обладнання, так я в холодну пору року напруга фотоелектричного модуля може зрости на 20%.

На рисунку 2.3 зображена вольт-амперна характеристика фотоелектричного модуля компанії виробника JA Solar марки JAM60-S09-320-PR, а на рисунку 2.4 зображена вольт-амперна характеристика при різних показниках температури навколишнього середовища.

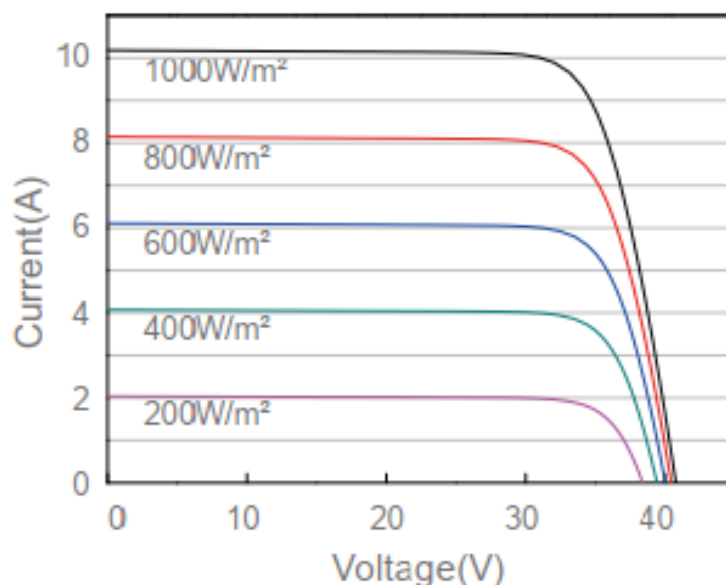


Рисунок 2.3 - Вольт-амперна характеристика фотоелектричного модуля компанії виробника JA Solar марки JAM60-S09-320-PR

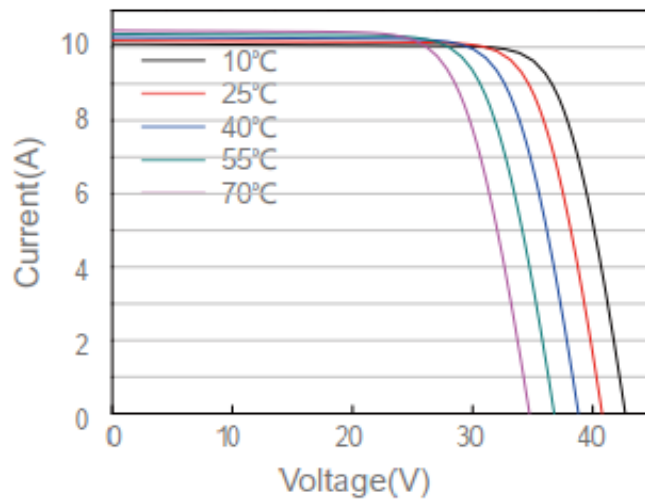


Рисунок 2.4 - Вольт-амперна характеристика фотоелектричного модуля компанії виробника JA Solar марки JAM60-S09-320-PR при різних температурних показниках навколишнього середовища

2.2 Вибір інверторів для сонячної електричної станції

Інвертор необхідний для підключення сонячної електричної станції до мережі. Він має перетворювати енергію вироблену фотоелектричними модулями в електричну.

Для проєктування СЕС було обрано два типи інверторів виробника Fronius, а саме Symo 10.0-3-M та ECO 27.0-3-S. Зовнішній вигляд інверторів Symo 10.0-3-M та ECO 27.0-3-S є можливість побачити на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 - Зовнішній вигляд інвертору компанії Froniу марки Symo 10.0-3-M та ECO 27.0-3-S

2.2.1 Основні характеристики інвертора компанії виробника Fronius марки Symo 10.0-3-M

Інвертор компанії виробника Fronius марки Symo 10.0-3-M є трифазним і має можливість підключення до систем всіх розмірів. Висока системна напруга, широкий діапазон вхідної напруги, а також 2 MPP трекери забезпечують максимальну гнучкість системи під пас проектування.

Він є чудовим рішенням для установки на даху неправильної форми, а також для різних орієнтацій даху за рахунок SuperFlex Design.

Інвертор має алгоритм відстеження MPP Dynamic Peak Manager, який адаптується до пошуку оптимальної робочої точки. Основною особливістю є автоматична перевірка характеристичної кривої і знаходить точку максимальної потужності, навіть під час затінення.

Він має стандартне для всіх інверторів Fronius підключення до Інтернет мережі, а інтерфейс забезпечує чітку візуалізацію споживання електроенергії та динамічне управління подачею. Основні технічні характеристики інвертора Fronius марки Symo 10.0-3-M зазначенні в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики трифазного інвертора компанії виробника Fronius типу Symo 10.0-3-M

Характеристика	Величина
1	2
Кількість фаз інвертора	3 шт
Коефіцієнт корисної дії інвертора	97,4 %
Вхідні параметри інвертора	
Кількість MPP трекерів інвертора	2 шт
Максимальний вхідний струм	27 А
Максимальна величина струм короткого замкнення	40,5/24,8 А
Діапазон вхідної напруги постійного струму	200-1000 В
Значення вхідної напруги	200 В

1	2
Встановлений діапазон напруги МРР трекара	200-800 В
Можлива кількість підключень на постійний струм	3+3 шт
Максимальна вихід генерації фотоелектричних модулів	15 кВт
Вихідні параметри інвертора	
Номінальна вихідна потужність змінного струму	10 кВт
Максимальна вихідна потужність інвертору	10 кВА
Значення вихідного змінного струм	14,4 А
Значення напруги мережі	380/220 В
Діапазон коливання напруги мережі	150-280 В
Частота	50/60 Гц
Діапазон коливання частоти	45-65 Гц
Габаритні розміри	
Висота інвертора	725 мм
Довжина інвертора	510 мм
Ширина інвертора	225 мм
Маса інвертора	34,8 кг
Рівень захисту інвертора	IP 66
Клас захисту інвертора від перенапруги при постійному/змінному струмах	2/3
Споживання у нічний час	< 1 Вт
Діапазон робочих температур інвертора	-40...+60 °C

Також, завдяки вбудованому в інвертор комплекту захисного обладнання, у вигляді запобіжників і додаткового захисту від перенапруги, надає захист інвертора, як зі сторони змінного струму, так і постійного.

2.2.2 Основні характеристики інвертора компанії виробника Fronius марки ECO 27.0-3-S

Трифазний інвертор Fronius марки ECO 27.0-3-S, який має категорію потужності 27 кВт повністю відповідає параметрам великомасштабних установок. За рахунок маленької ваги і нової технології кріплення SnapINverter є дуже простим в установці та експлуатації, це дозволяє встановлювати його як на відкритому просторі, так і в приміщеннях. Основні технічні характеристики інвертора Fronius марки ECO 27.0-3-S зазначені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики трифазного інвертора компанії виробника Fronius типу ECO 27.0-3-S

Характеристика	Величина
1	2
Кількість фаз інвертора	3 шт
Коефіцієнт корисної дії інвертора	98 %
Вхідні параметри інвертора	
Кількість MPP трекерів інвертора	1 шт
Максимальний вхідний струм	47,7 А
Максимальна величина струм короткого замкнення	71,6 А
Діапазон вхідної напруги постійного струму	580-1000 В
Значення вхідної напруги	650 В
Встановлений діапазон напруги MPP трекера	580-850 В
Можлива кількість підключень на постійний струм	6 шт
Максимальна вихід генерації фотоелектричних модулів	37,8 кВт
Вихідні параметри інвертора	
Номінальна вихідна потужність змінного струму	27 кВт
Максимальна вихідна потужність інвертору	27 кВА

1	2
Значення вихідного змінного струм	40,9/39,1 А
Значення напруги мережі	380/220 В
Діапазон коливання напруги мережі	150-275 В
Частота	50/60 Гц
Діапазон коливання частоти	45-65 Гц
Габаритні розміри	
Висота інвертора	725 мм
Довжина інвертора	510 мм
Ширина інвертора	225 мм
Маса інвертора	35,7 кг
Рівень захисту інвертора	IP 66
Клас захисту інвертора від перенапруги при постійному/змінному струмах	2/3
Споживання у нічний час	< 1 Вт
Діапазон робочих температур інвертора	-25...+60 °С

Також, завдяки вбудованому в інвертор комплекту захисного обладнання, у вигляді запобіжників і додаткового захисту від перенапруги, надає захист інвертора, як зі сторони змінного струму, так і постійного.

2.3 Системи кріплення фотоелектричних модулів

Так як метою даної дисертації є аналіз впливу зміну кута нахилу фотоелектричних модулів, було запропоновано особистий механізм кріплення модулів.

Завдяки даним кріпленням буде можливість надійного встановлення фотоелектричних модулів на даху гуртожитку № 19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» без завдання шкоди для покрівлі і з можливістю регулювання кута нахилу для збільшення річного виробітку енергії.

На рисунку 2.6 зображено кріплення для фотоелектричних модулів

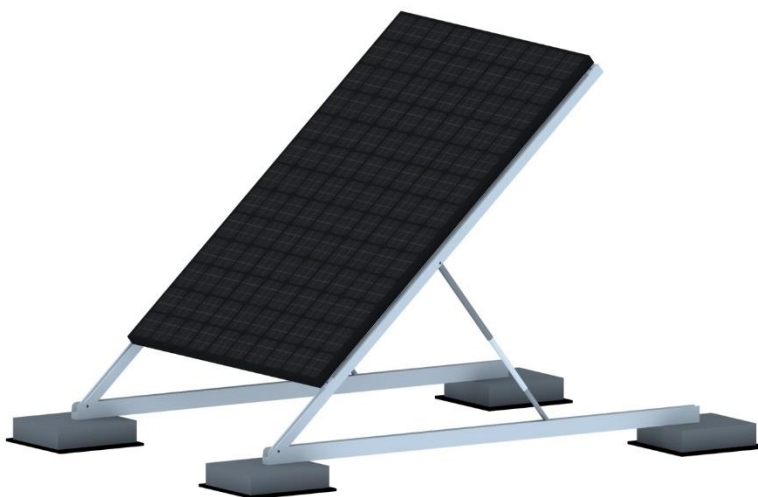


Рисунок 2.6 - Кріплення для фотоелектричних модулів

2.4 Вибір кабелю

2.4.1 Вибір кабелю для підключення фотоелектричної станції до ТП

Для підключення фотоелектричної станції до зовнішньої електричної мережі, необхідно обрати кабель для передачі виробленої електричної енергії.

Отже, проаналізувавши дані з таблиць 2.2 та 2.3 було прийнято рішення підібрати два види кабелю для підключення інверторів з щитом збору потужності інвертора. При підключенні інвертора Fronius марки Symo 10.0-3-M буде використовуватися кабель ПВС 4х2.5 зі струмовим навантаженням 25 А і перерізом жили 2,5 мм², а для інвертора Fronius марки ECO 27.0-3-S буде використовуватися кабель ПВС 4х10 зі перерізом жили 10 мм² та струмовим навантаженням 50 А.

ПВС – це спеціальний кабель, жили якого скручені, а зверху вкриті полівінілхлоридним шаром ізоляції, в результаті чого кабель стає дуже пластичним, що надає йому дуже високі експлуатаційні якості..

ПВС кабелі мають стандартну конструкцію, яка складається з 4 жил, виготовлених з міді, які скручуються між собою.

Також, дуже важливим є те, що ізоляційний шар кабелю не впливають температурні показники і не передає горіння.

Основні переваги:

- ❖ Пластична структура, яка дозволяє згинати кабель під будь-яким кутом.
- ❖ Простота під час монтажних і ремонтних роботах.
- ❖ Низьке сприйняття кабелю до механічних пошкоджень.
- ❖ Дуже стійкі до руйнівного впливу грибка та плісняви.

На рисунку 2.7 зображений зовнішній вигляд кабелів ПВС 4х2.5 та ПВС 4х10.



Рисунок – 2.7 Зовнішній вигляд кабелів ПВС 4х2.5 та ПВС 4х10

Для підключення щита збору потужності інверторів та ТП було обрано кабель мідний кабель ВВГ 4х25 з номінальним струмом на одну жилу 115А і площею поперечного перерізу 25 мм².

2.4.2 Вибір кабелю для підключення фотоелектричних модулів до інвертора

Для з'єднання фотоелектричних модулів між собою та для подальшого їх підключення до інвертора в даній магістерській дисертації був використаний кабель для постійного струму компанії виробника Solar-Energy марки PV-1-F-6, площа поперечного перерізу якого становить 6 мм².

Конструкція цього кабелю складається з ізольованих провідників, які укладенні в оболонку, яка є діелектриком. Кабель PV-1-F-6 має дуже високий захист від впливів навколишнього середовища, таких як : ультрафіолетове випромінювання, агресивних умов навколишнього середовища та озону.

В таблиці 2.4 наведені основні технічні характеристики кабелю компанії виробника Solar-Energy марки PV-1-F-6. [16]

Таблиця 2.4 - Основні технічні характеристика кабелю компанії виробника Solar-Energy марки PV-1-F-6

Характеристика	Величина
1	2
Значення номінальної напруги	100 В
Значення номінального струму	70 А
Площа поперечного перерізу кабелю	6 мм ²
Максимальний діаметр	5,9 мм
Вага 1 м кабелю	0,079 кг
Діапазон робочих температур навколишнього середовища	-40 – 90 °С
Діаметр ізоляції кабелю	7,0 ± 0,2 мм
Матеріал контактів кабелю	Гучка луджена мідь (клас 5)
Матеріал ізоляції	Безгалогенове зшите вогнезахисне з'єднання
Колір захисної ізоляції	Чорний або червоний

Для даної дисертації була розрахована оптимальна довжина кабелю, яка з врахуванням похибки на можливі перегини (20%) становить 1100 м. На рисунку 2.8 показаний зовнішній вигляд кабелю компанії виробника Solar-Energy марки PV-1-F-6.

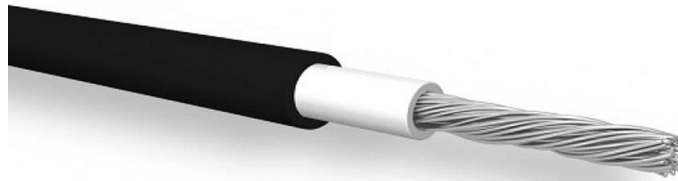


Рисунок 2.8 - Зовнішній вигляд кабелю компанії виробника Solar-Energy марки PV-1-F-6

2.5 Вибір запобіжників

Для забезпечення безперебійної роботи СЕС і уникнення аварійних випадків є необхідність у використанні запобіжників при проектуванні станції. Запобіжники використовують для усунення неполадок при виникненні короткого замикання, перебоїв з електричною мережею або при потраплянні блискавки.

Необхідно обрати запобіжники для основного обладнання СЕС, а саме фотоелектричних модулів та інвертора. Але так як в інвертори вже вбудовані запобіжники, то в даному пункті буде обиратися запобіжник тільки для фотоелектричних модулів.

2.5.1 Вибір запобіжників для сонячних модулів

Вибір запобіжників для фотоелектричних модулів відбувається виходячи з значення максимального струму фотоелектричних модулів, яке занесено в таблицю 2.1. Значення максимального струму фотоелектричних модулів становить 9,65 А.

Отже, було обрано циліндричний запобіжник компанії виробника ЕТІ типу СН 10х38 gPV значення його номінального струму становить 10 А. ці

запобіжники призначені для захисту фотоелектричних модулів від прямого чи непрямого попадання блискавки. Запобіжник буде встановлений для кожного ряду послідовно з'єднаних фотоелектричних модулів, для того, щоб у разі пошкодження чи спрацювання запобіжника відбудеться відключення пошкодженої секції, а інші фотоелектричні модулі продовжили генерацію електроенергії.

На рисунку 2.9 зображений зовнішній вигляд запобіжника виробника ETI типу CH 10x38 gPV.



Рисунок 2.9 - Зовнішній вигляд запобіжника виробника ETI типу CH 10x38 gPV

2.6 Вибір вимикачів

2.6.1 Вибір вимикачів для фотоелектричних модулів

Дані вимикачі зазвичай використовуються за для комутації струмоперетворюючих елементів. Необхідно обрати вимикач навантаження для кожного стрінгу фотоелектричних модулів.

Отже виходячи з параметрів фотоелектричних модулів компанії JA Solar марки JAM60-S09-320-PR з таблиці 2.1, значення максимального струму становить 9,65 А, а значення максимальної напруги – 40,78 В.

Проаналізувавши вищевказані параметри фотоелектричного модуля було обрано вимикач для кожного стрінгу фотоелектричних модулів.

Для забезпечення безперебійної і безпечної роботи СЕС було обрано вимикач компанії виробника ETI типу LS 32 SMA A2, конструкція якого дозволяє комутувати навантаження до 32 А при максимальній напрузі 1000 В. Контакти вимикача виготовленні з матеріалу, який мінімізує їх окислення під час довготривалого використання, а висока швидкість комутацій захищає прилад від перегрівання. Зовнішній вигляд вимикача компанії виробника ETI типу LS 32 SMA A2 зображений на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 - Зовнішній вигляд вимикача компанії виробника ETI типу LS 32 SMA A2

2.6.2 Вибір вимикачів для інверторів

Для забезпечення справної роботи інвертора і задля попередження випадків зниження продуктивності обладнання або виходу обладнання з ладу необхідно встановити автоматичний вимикач на виході з інвертора.

Отже було прийнято рішення встановити вимикач компанії виробника ETI типу ETIMAT 6 2p C з номінальним струмом 16 А для інвертора компанії виробника Fronius марки Symo 10.0-3-M і вимикач компанії виробника ETI

типу ETIMAT 10 2p C з номінальним струмом 50 А для інвертора компанії виробника Fronius марки ECO 27.0-3-S.

2.7 Вибір обмежувач перенапруги

2.7.1 Вибір обмежувач перенапруги для фотоелектричних модулів

Для захисту від наведених і прямих імпульсів перенапруги і нормальної роботи фотоелектричних модулів було обрано обмежувач перенапруги компанії виробника ETI типу ETITEC B-PV 1500/12,5 Y RC. Він складається з двох або трьох варисторних елементів, які з'єднанні паралельно, а кожен з елементів надійно захищений тепловим розщеплювачем. Кожен модуль оснащений іскровим розрядником, який має високу вимикаючу здатність, а також механічним поворотним відсікачем дуги для додаткового захисту фотоелектричних модулів. [17]

Зовнішній вигляд обмежувача перенапруга компанії виробника ETI типу ETITEC B-PV 1500/12,5 Y RC зображений на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 - Зовнішній вигляд обмежувача перенапруга компанії виробника ETI типу ETITEC B-PV 1500/12,5 Y RC

2.8 Вибір системи моніторингу

Постійний моніторинг параметрів системи сонячної станції є дуже важливим задля збереження ефективності станції протягом тривалого часу.

В даній магістерській дисертації була обрана система моніторингу Fronius Datamanager 2.0. І має наступні функції: звіт про всі можливі несправності та дефекти системи і візуалізація та запис всіх параметрів сонячної станції.

Система моніторингу фіксує такі параметри СЕС, яка генерація енергії за рахунок моніторингового порталу Fronius Solar.web через маршрутизатор. Також є можливість постійно переглядати порівнювати, а також переглядати параметри системи і за необхідністю оптимізувати окремі ділянки системи.

Також дані системи можуть реєструватися в спеціальному додатку Fronius Solar.TV або більш локально на сайті Fronius Datamanager. [18]

До основних переваг системи моніторингу Fronius Datamanager можна віднести:

- ❖ Простота в установці та експлуатації.
- ❖ Пряма сервісна підтримка, у разі виникнення неполадок.
- ❖ Професійна та швидка візуалізація за рахунок прямого з'єднання системи з інвертором та моніторинговим порталом Fronius Solar.web.

Загальний висновок:

Отже, в даному розділі було зроблено вибір основного електро-технічного обладнання виходячи з основних параметрів і показників.

Було обрано монокристалічні фотоелектричні модулі компанії JA Solar марки JAM60-S09-320-PR у кількості 246 штук, а також особисто були розроблені системи кріплення з можливістю зміни кута нахилу панелей на 20° та 40° для розміщення на даху гуртожитку, для покращення показників річної генерації електроенергії. Обрані два типи інверторів: інвертор компанії виробника Fronius марки Symo 10.0-3-M у кількості 1 штука та інвертор Fronius марки ECO 27.0-3-S у кількості 2 штуки.

Для підключення станції були використані кабелі для підключення фотоелектричних модулів, а також для підключення системи до мережі, через щит збору потужності.

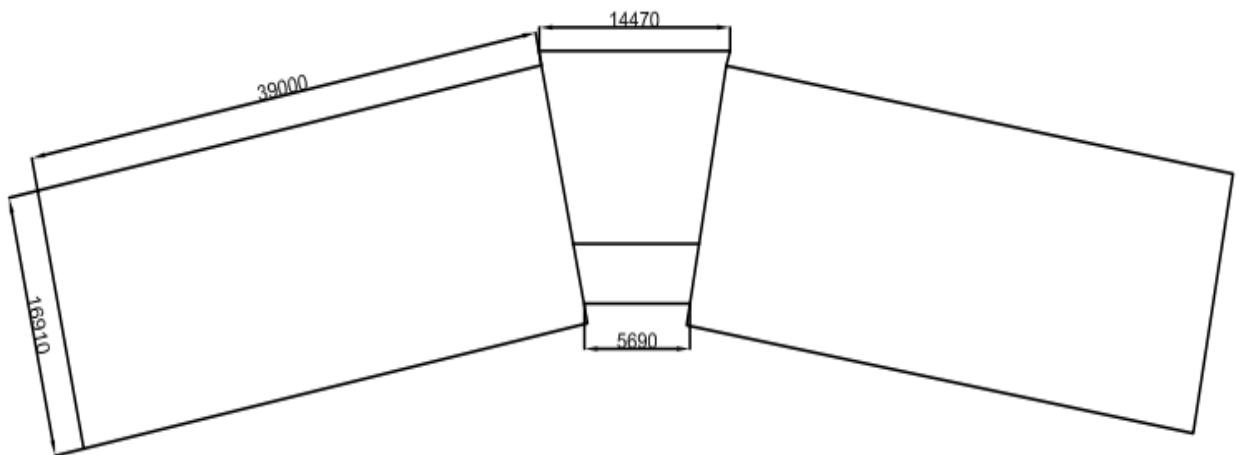
За для безпечної та безперебійної роботи станції було обрано комплект захисного обладнання, а саме: запобіжник для фотоелектричних модулів

компанії виробника ETI типу CH 10x38 gPV зі значенням номінального струму 10 А, вимикач для фотоелектричних модулів компанії виробника ETI типу LS 32 SMA A2, конструкція якого дозволяє комутувати навантаження до 32 А при максимальній напрузі 1000 В, а також вимикач компанії виробника ETI типу ETIMAT 6 2p C з номінальним струмом 16 А для інвертора компанії виробника Fronius марки Symo 10.0-3-M і вимикач компанії виробника ETI типу ETIMAT 10 2p C з номінальним струмом 50 А для інвертора компанії виробника Fronius марки ECO 27.0-3-S, обрано обмежувач перенапруги для фотоелектричних модулів компанії виробника ETI типу ETITEC B-PV 1500/12,5 Y RC, деяке захисне обладнання не було обрано для інвертора за рахунок того, що вже вбудовано в інвертор.

РОЗДІЛ 3 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ДАХОВОЇ МЕРЕЖЕВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ СТУДЕНТСЬКОГО ГУРТОЖИТКУ №19 НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО ІНСТИТУТУ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

3.1 Креслення даху студентського гуртожитку № 19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

В даній магістерській дисертації було проведено порівняльний розрахунок дахової мережевої СЕС для студентського гуртожитку №19, який знаходиться на території студмістечка НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Площа даху, яка буде використана для встановлення фотоелектричних модулів становить 1318,98 м². Повне креслення даху студентського гуртожитку № 19 зображене на рисунку 3.1.



*Рисунок 3.1 – Повне креслення даху студентського гуртожитку № 19
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

3.2 Розміщення сонячних модулів на даху гуртожитку

Фотоелектричні модулі будуть розміщені не по всій площі даху гуртожитку. Під час розробки магістерської дисертації був зроблений висновок, що розміщення фотоелектричних модулів на виступі ліфтової шахти

будинку буде недоцільним рішенням через можливе сильне затінення елементів від огороження.

Отже, на рисунку 3.2 та 3.3 зображене розміщення сонячних елементів на даху студентського гуртожитку №19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» під кутом 40° (25° та 20°) та під кутом 0° відповідно.

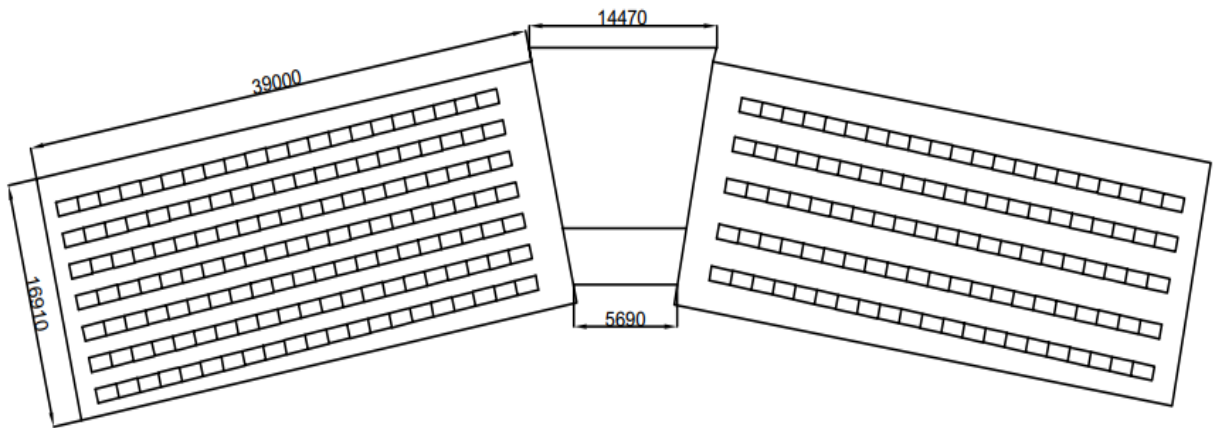


Рисунок 3.2 – Розміщення сонячних елементів на даху студентського гуртожитку № 19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» під кутом 40°

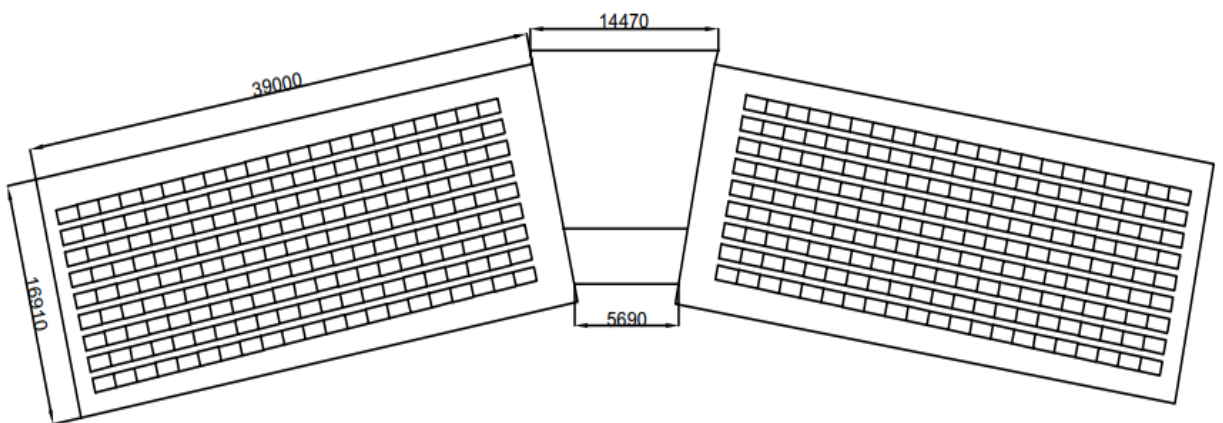


Рисунок 3.3 – Розміщення сонячних елементів на даху студентського гуртожитку № 19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» під кутом 0°

3.3 Електрична схема з'єднання фотоелектричних модулів з інверторами

Фотоелектричні модулі необхідно підключати таким чином, аби сумарна напруга всіх послідовно підключених фотоелектричних модулів не перевищувала напругу інвертора, яка є максимально допустимою.

На рисунку 3.4 та 3.5 зображена схема підключення фотоелектричних панелей до інвертора, для розміщення фотоелектричних модулів під кутом 40° (25° та 20°) та під кутом 0° відповідно.

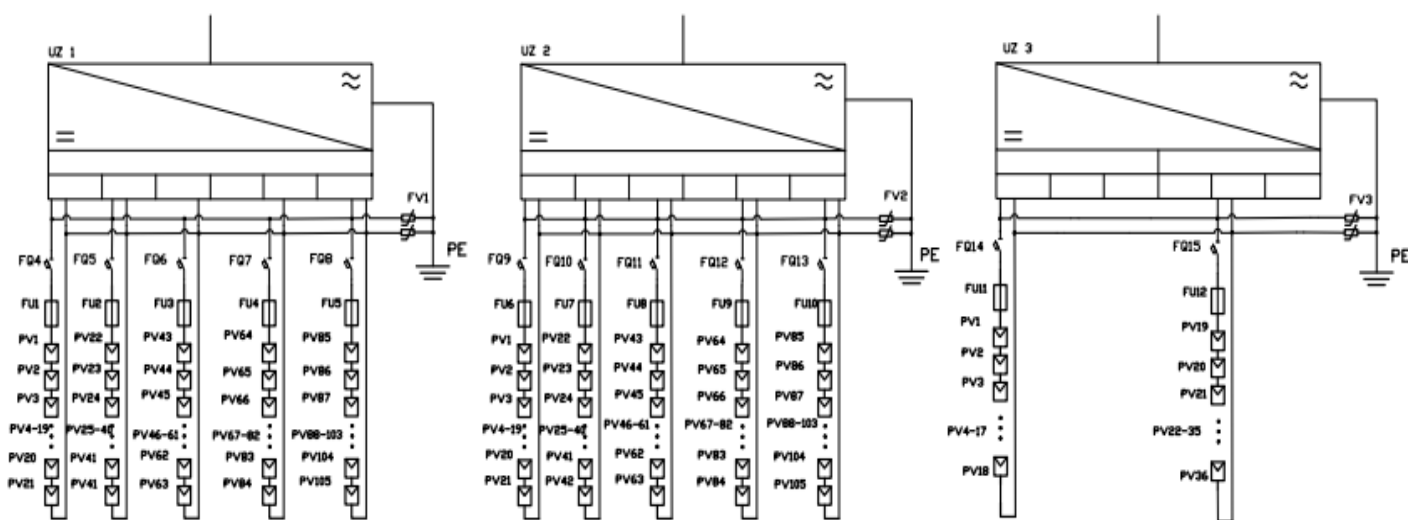


Рисунок 3.4 - Схема підключення фотоелектричних панелей до інверторів, для розміщення фотоелектричних модулів під кутом 40° (25° та 20°)

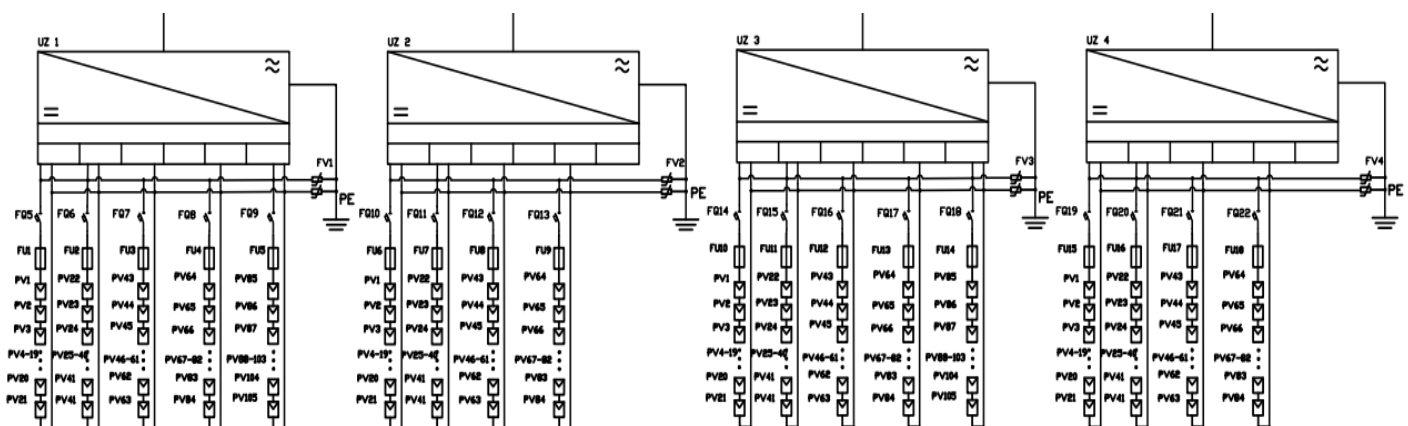


Рисунок 3.5 - Схема підключення фотоелектричних панелей до інверторів,
для розміщення фотоелектричних модулів під кутом 0°

3.4 Електрична схема з'єднання СЕС із зовнішньою електромережою

Для того, щоб провести підключення фотоелектричної станції до електромережі був проведений моніторинг найближчих трансформаторних підстанцій. В результаті була обрана підстанція з максимально зручним розташування до студентського гуртожитку № 19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», яка зображена на рисунку 3.6.

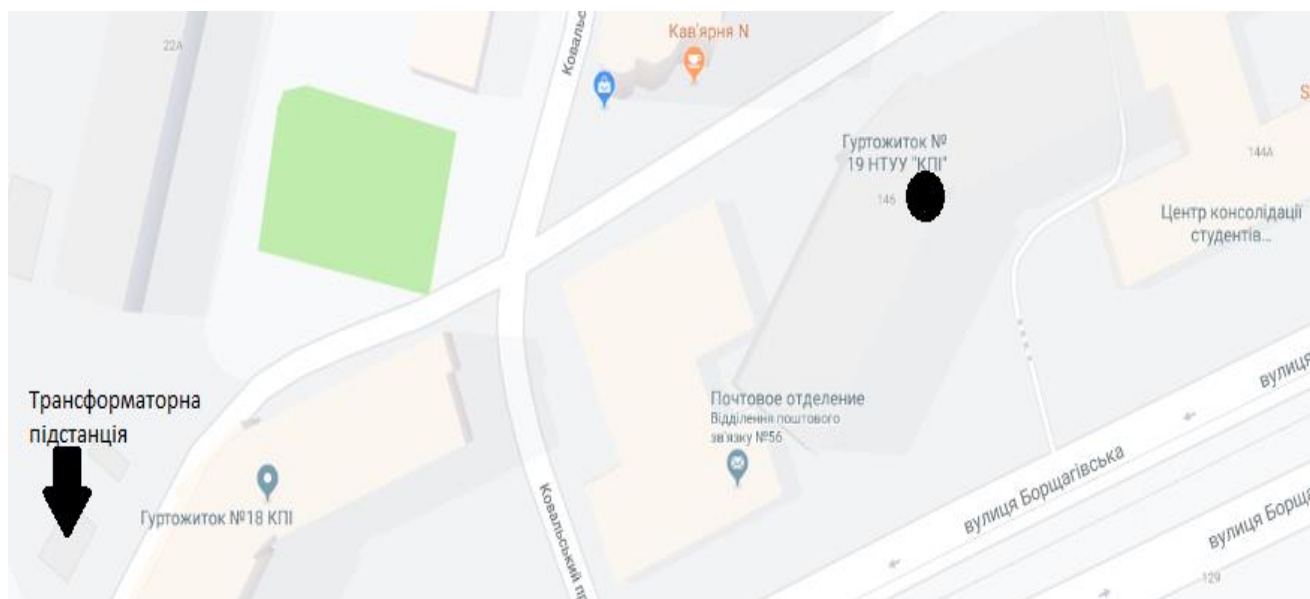


Рисунок 3.6 - Місце розташування трансформаторної підстанції для підключення СЕС до мережі

Отже, після вибору оптимальної трансформаторної підстанції для підключення СЕС до зовнішньої електромережі, було обрано оптимальний варіант для прокладання кабельної лінії. На рисунку 3.7 зображений варіант прокладання кабельної лінії від фотоелектричної станції до зовнішньої електромережі.

Згідно до рисунку 3.7 необхідна довжина кабельної лінії для підключення до зовнішньої електромережі становить 191,9 метрів. Але через те, що в даному випадку не враховується висота студентського гуртожитку необхідно додатково враховувати похибку. За для розрахунку реальної довжини кабелю і врахування похибки на утворення можливих перегинів

кабелю, а також поверховість студентського гуртожитку № 19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», який має 12 поверхів, було прийнято рішення прийняти встановити похибку 30%.

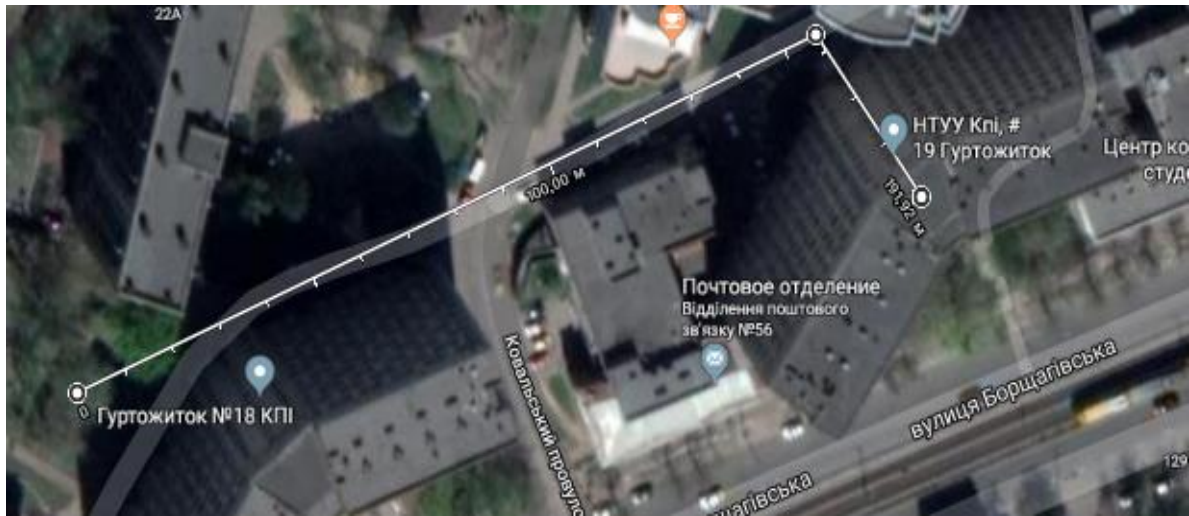


Рисунок 3.7 - Оптимальна схема прокладання кабельної лінії від фотоелектричної станції до трансформаторної підстанції

Отже розрахунок реальної довжини кабельної лінії буде проведений за формулою 3.1.

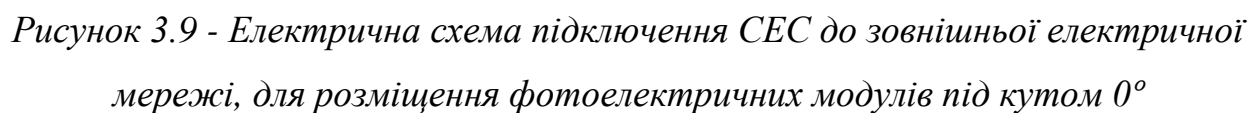
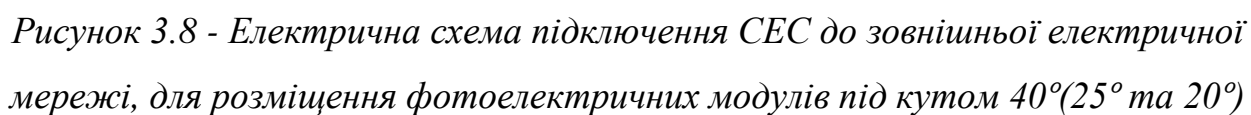
$$L = l \cdot \alpha = 191,9 \cdot 1,3 = 250 \text{ м} \quad (3.1)$$

, де α – похибка на утворення можливих перегинів кабельної лінії і врахування поверховості будівлі;

l – довжина кабельної лінії, без врахування похибки, яка зображена на рисунку 3.7.

Отже, після розрахунку за формулою 3.1, можна зробити висновок, що необхідна довжина кабельної лінії з врахуванням можливих похибок, становить 250 метра.

На рисунку 3.8 та 3.9 зображена схема підключення СЕС до зовнішньої електромережі, для розміщення фотоелектричних модулів під кутом 40° (25° та 20°) та під кутом 0° відповідно.



3.5 Аналіз приходу сонячної радіації для обраної місцевості

В даному пункті магістерської дисертації будуть наведені температурні показники для міста Київ, а також наведені показники надходження різних типів сонячної радіації на поверхню.

В таблиці 3.1 та 3.2 будуть наведені температурні показники і показники надходження сонячної радіації відповідно.

Таблиця 3.1 - Середньомісячні температурні показники для міста Київ

Місяць	Середньомісячні значення температури
Січень	-2,65
Лютий	-2,53
Березень	2,58
Квітень	9,95
Травень	15,97
Червень	18,13
Липень	21,56
Серпень	20,31
Вересень	14,11
Жовтень	8,96
Листопад	3,16
Грудень	-1,53

На рисунку 3.10 графічно зображене надходження сонячної радіації для обраної місцевості розташування СЕС.

Таблиця 3.2 - Показники надходження сонячної радіації на поверхню місця розташування сонячної електричної станції

Місяць	Значення прямої сонячної радіації, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}$	Значення розсіяної сонячної радіації, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}$	Сумарне значення сонячної радіації, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}$	Значення альбедо, %
Січень	23,8	15,3	39,1	65
Лютий	39,0	23,57	62,57	64
Березень	84,8	42,47	127,27	34
Квітень	125,8	58,55	184,35	18
Травень	173,2	73,29	246,49	19
Червень	180,7	71,96	252,66	20
Липень	181,4	85,07	266,47	22
Серпень	153,2	72,51	225,71	22
Вересень	100,7	48,52	149,22	20
Жовтень	61,5	31,35	92,85	18
Листопад	25,1	18,05	43,15	17
Грудень	15,7	10,63	26,33	63
Сумарно за рік	1164,8	551,10	1715,9	-

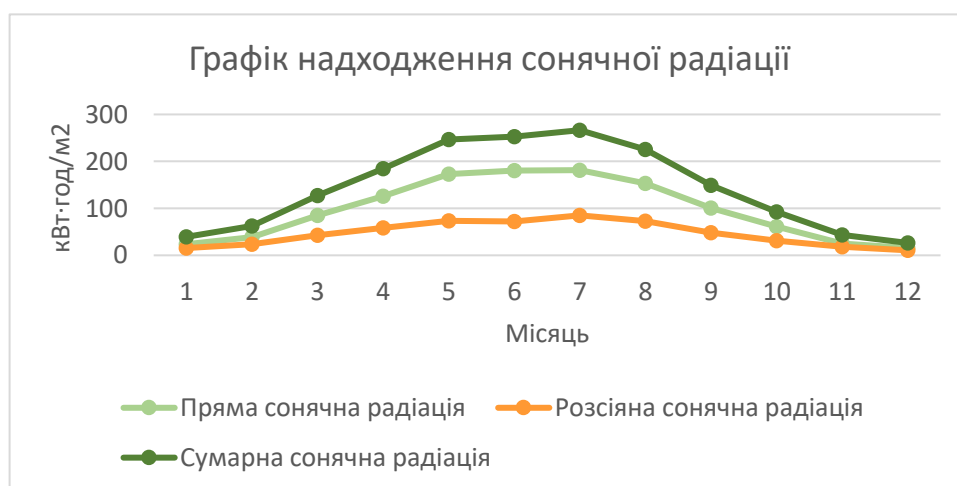


Рисунок 3.10 - Графік надходження сонячної радіації

3.6 Вибір кута нахилу фотоелектричних панелей

Основна мета магістерської дисертації вибір оптимальних кутів нахилу фотоелектричних модулів для їх сезонної зміни на даху студентського гуртожитку № 19 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», а також порівняльний розрахунок загальної генерації при даних кутах. В кінцевому результаті має бути обрані оптимальні кути нахилу фотоелектричних модулів для різних сезонів протягом року.

За допомогу формули 3.2 був проведений розрахунок кута схилення Сонця опівдні для кожного можливого місяця до площини екватора:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right) \quad (3.2)$$

де, n означає номер доби року, починаючи з 1 січня.

За допомогою формули 3.3 був розрахований коефіцієнт приходу сонячного випромінювання на похилу площину:

$$R_{\text{рад.}} = \frac{\cos \theta_{\text{похил}}}{\cos \theta_{\text{гор}}} \quad (3.3)$$

де, $\theta_{\text{гор}}$ значення кута горизонтальної поверхні, який знаходиться між нормаллю до поглинаючої поверхні та напрямком дії прямої сонячної радіації. $\theta_{\text{пох}}$ – значення кута похилої поверхні, який знаходиться між нормаллю до поглинаючої поверхні та напрямком дії прямої сонячної радіації.

На рисунках 3.11 та 3.12 зображені екваторіальні та горизонтальні координати схилення Сонця.

За допомогою формули 3.4 був проведений перерахунок надходження відбитої сонячної радіації з горизонтальної на похилу поверхню:

$$R_{\text{від.}} = \frac{1 - \cos S}{2} \quad (3.4)$$

За допомогою формули 3.5 був проведений перерахунок надходження розсіяної сонячної радіації з горизонтальної на похилу поверхню:

$$R_{\text{роз.}} = \frac{1 + \cos S}{2} \quad (3.5)$$

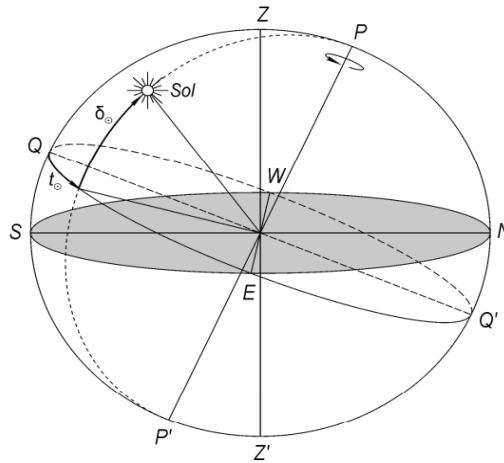
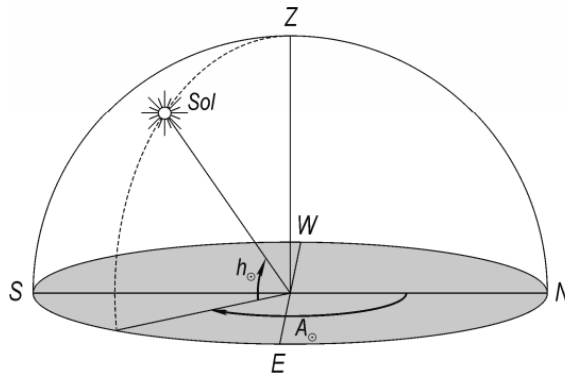


Рисунок 3.11 - Екваторіальні координати схилення Сонця [19]



Рівняння для розрахунку кутів:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos S - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin S \cdot \cos \gamma + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos S \cdot \\ & \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin S \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin S \cdot \\ & \cdot \sin \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad (3.6)$$

де, γ – кут, що показує відхилення площини від місцевого меридіану до нормалі.

ω – величина кута часу.

S – величина кута встановлення фотоелектричних модулів.

$\varphi = 50,44$ – широта місцевості.

δ – величина кута схилення Сонця опівдні до площини екватора.

Формула 3.7 перерахунку величини сумарного сонячного випромінювання, яке надходить на поверхню похилої площини:

$$I_{\Sigma} = I_{\text{рад.}} \cdot R_{\text{рад.}} + I_{\text{роз.}} \cdot R_{\text{роз.}} + I \cdot R_{\text{від.}} \cdot \rho \quad (3.7)$$

де, ρ – альbedo поверхні, яке зазначено в таблиці 3.2, а інші значення були розраховані попередньо.

В даній магістерській дисертації будуть наведені розрахунки для наступних умов:

1. Цілорічне розташування фотоелектричних модулів під кутом 40° .
2. Цілорічне розташування фотоелектричних модулів під кутом 25° .
3. Зміна кута нахилу фотоелектричних модулів 2 рази на рік. В період Жовтень – Березень кут нахилу фотоелектричних модулів буде становити 40° , а в період Квітень – Вересень буде становити 20° .
4. Цілорічне розташування фотоелектричних модулів під кутом 0° .

На рисунку 3.13 зображена схема встановлення рядів сонячних модулів.

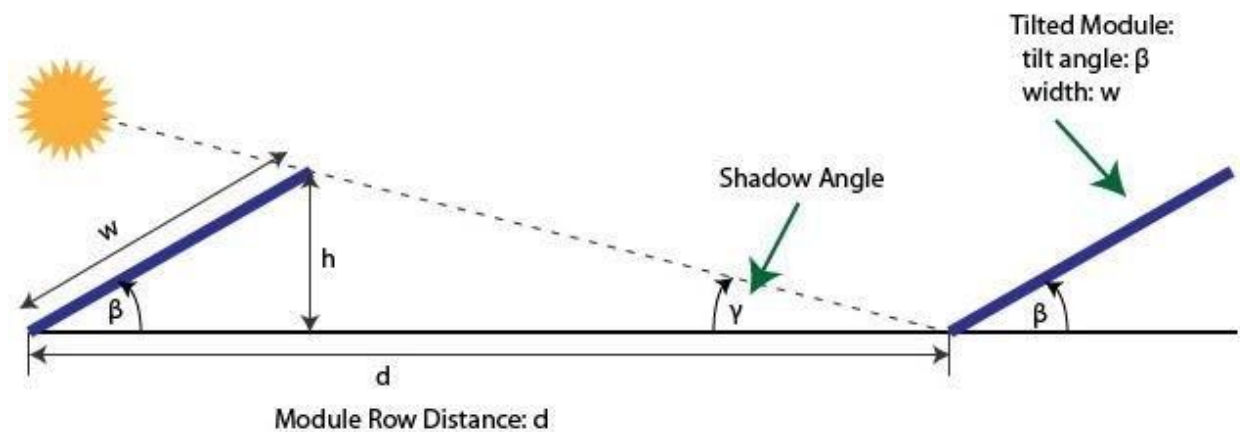


Рисунок 3.13 - Схема встановлення рядів фотоелектричних модулів

Отже, виходячи з рисунку 3.11 було обрано відстань між рядами для встановлення фотоелектричних модулів під кутом 40° (яка також використовувалося для розрахунку при 25° та 20°), яка становить 2,2 м, а для кута 0° – 1,5 м.

3.7 Порівняльний розрахунок генерації фотоелектричних модулів для різних кутів нахилу

Метою дослідження магістерської дисертації є аналіз можливостей підвищення генерації електричної енергії, шляхом використання трекеру з можливістю зміни кута нахилу фотоелектричних модулів у м. Київ.

Розрахунок генерації фотоелектричної станції був проведений за допомогою програми PVsyst, яка враховує усереднені показники надходження сонячної радіації з метеостанцій у м. Київ і враховує затінення фотоелектричних модулів.

При врахуванні багатьох параметрів, а саме кута нахилу сонячних модулів, географічного положення СЕС і відстані між рядами сонячних модулів, була побудована діаграма затінення при встановленні фотоелектричних під кутом 40° . На рисунку 3.14 наведена діаграма для кута 40° через те, що при даному куті нахилу затінення буде максимально можливим.

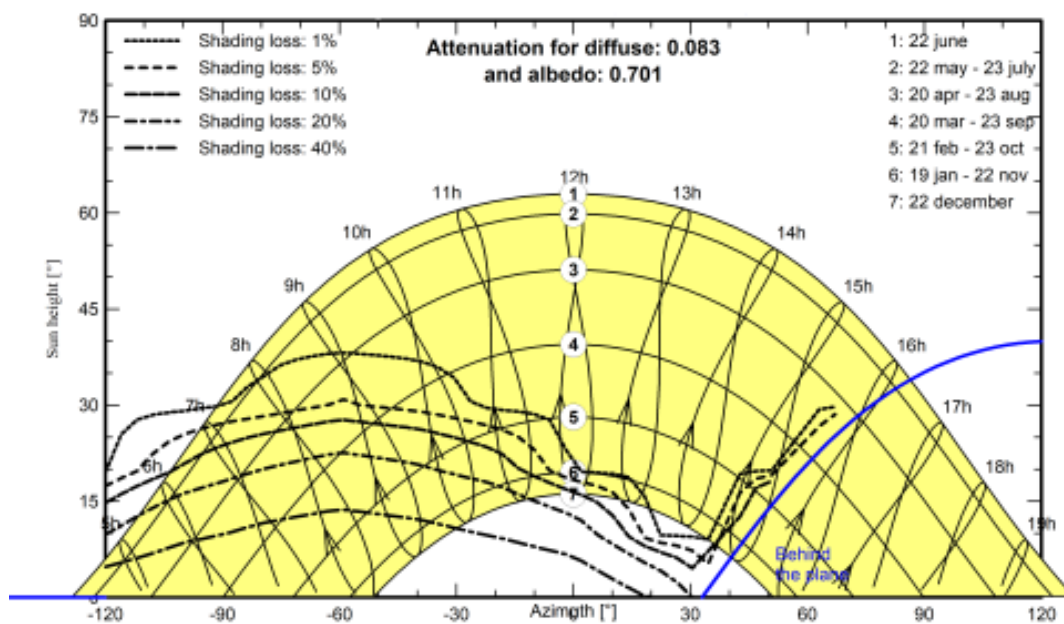


Рисунок 3.14 - Діаграма затінення сонячних модулів при куті нахилу 40°

Отже, в даному пункті буде наведений наступний порівняльний розрахунок:

1. Цілорічне розташування фотоелектричних модулів під кутом 40° .

В таблиці 3.3 – зазначені результати розрахунку річної генерації електроенергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 40° , а на рисунку 3.15 зображена діаграма річної генерації електричної енергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 40° .

Таблиця 3.3 - Результати розрахунку річної генерації електроенергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 40°

Місяць	Кількість прямої сонячної радіації, кВт·год/ м ²	Кількість розсіяної сонячної радіації, кВт·год/ м ²	Середні показники температу- ри, °С	Кількість радіації на поверхні модулів, кВт·год/ м ²	Надход- ження енергії до інвертора, МВт·год	Надход- ження енергії до мережі, МВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Кут нахилу фотоелектричних модулів 40°						
Січень	23,8	15,3	-2,65	36,5	2,39	2,32
Лютий	39	23,57	-2,53	51,5	3,6	3,51
Березень	84,8	42,47	2,58	107,5	7,56	7,38
Квітень	125,8	58,55	9,95	136,8	9,37	9,15
Травень	173,2	73,29	15,97	176,9	11,87	11,61
Червень	180,7	71,96	18,13	173	11,49	11,23
Липень	181,4	85,07	21,56	180,4	11,88	11,62
Серпень	153,2	72,51	20,31	161,8	10,62	10,46
Вересень	100,7	48,52	14,11	117,9	7,92	7,74
Жовтень	61,5	31,35	8,96	80	5,39	5,26
Листопад	25,1	18,05	3,16	33,9	2,26	2,19
Грудень	15,7	10,63	-1,53	23,6	1,48	1,43
Сумарно за рік	1164,8	551,1	9,07	1279,8	85,9	83,9



Рисунок 3.15 - Діаграма річної генерації електричної енергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 40°

2. Цілорічне розташування фотоелектричних модулів під кутом 25°.

В таблиці 3.4 – зазначені результати розрахунку річної генерації електроенергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 25°, а на рисунку 3.16 зображена діаграма річної генерації електричної енергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 25°.

Таблиця 3.4 - Результати розрахунку річної генерації електроенергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 25°

Місяць	Кількість прямої сонячної радіації, кВт·год/ м ²	Кількість розсіяної сонячної радіації, кВт·год/ м ²	Середні показники температу- ри, °C	Кількість радіації на поверхні модулів, кВт·год/м ²	Надход- ження енергії до інвертора, МВт·год	Надход- ження енергії до мережі, МВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Кут нахилу фотоелектричних модулів 25°						
Січень	23,8	15,3	-2,65	32,9	2,29	2,22
Лютий	39	23,57	-2,53	48,6	3,53	3,43

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7
Березень	84,8	42,47	2,58	102,8	7,49	7,31
Квітень	125,8	58,55	9,95	137,3	9,67	9,45
Травень	173,2	73,29	15,97	181,6	12,44	12,17
Червень	180,7	71,96	18,13	181,5	12,29	12,02
Липень	181,4	85,07	21,56	186,8	12,56	12,29
Серпень	153,2	72,51	20,31	164,1	11,09	10,85
Вересень	100,7	48,52	14,11	115,5	8	7,82
Жовтень	61,5	31,35	8,96	75,7	5,28	5,15
Листопад	25,1	18,05	3,16	31,7	2,22	2,15
Грудень	15,7	10,63	-1,53	21,4	1,43	1,38
Сумарно за рік	1164,8	551,1	9,07	1279,8	88,29	86,24



Рисунок 3.16 - Діаграма річної генерації електричної енергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 25°

3. Зміна кута нахилу фотоелектричних модулів 2 рази на рік. В період Жовтень – Березень кут нахилу фотоелектричних модулів буде становити 40°, а в період Квітень – Вересень буде становити 20°.

В таблиці 3.5 - зазначені результати розрахунку річної генерації електроенергії при зміні кута нахилу 2 рази на рік, а на рисунку 3.17 зображена діаграма річної генерації електричної енергії при зміні кута нахилу 2 рази на рік.

Таблиця 3.5 - Результати розрахунку річної генерації електроенергії при зміні кута нахилу 2 рази на рік

Місяць	Кількість прямої сонячної радіації, кВт·год/м2	Кількість розсіяної сонячної радіації, кВт·год/м2	Середні показники температу- ри, °С	Кількість радіації на поверхні модулів, кВт·год/м2	Надход- ження енергії до інвертора, МВт·год	Надход- ження енергії до мережі, МВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Кут нахилу фотоелектричних модулів 40°						
Січень	23,8	15,3	-2,65	36,5	2,39	2,32
Лютий	39	23,57	-2,53	51,5	3,6	3,51
Березень	84,8	42,47	2,58	107,5	7,56	7,38
Кут нахилу фотоелектричних модулів 20°						
Квітень	125,8	58,55	9,95	136,3	9,66	9,44
Травень	173,2	73,29	15,97	181,4	12,51	12,23
Червень	180,7	71,96	18,13	182,9	12,44	12,17
Липень	181,4	85,07	21,56	187,3	12,65	12,38
Серпень	153,2	72,51	20,31	163,3	11,1	10,86
Вересень	100,7	48,52	14,11	113,5	7,92	7,74

1	2	3	4	5	6	7
Кут нахилу фотоелектричних модулів 40°						
Жовтень	61,5	31,35	8,96	80	5,39	5,26
Листопад	25,1	18,05	3,16	33,9	2,26	2,19
Грудень	15,7	10,63	-1,53	23,6	1,48	1,43
Сумарно за рік	1164,8	551,1	9,07	1046,7	88,96	86,91



Рисунок 3.17 - Діаграма річної генерації електричної енергії при зміні кута нахилу 2 рази на рік

4. Цілорічне розташування фотоелектричних модулів під кутом 0°.

В таблиці 3.6 – зазначені результати розрахунку річної генерації електроенергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 0°, а на рисунку 3.18 зображена діаграма річної генерації електричної енергії для цілорічного розміщення фотоелектричних модулів під кутом 0°.

Таблиця 3.6 - Результати розрахунку річної генерації електроенергії при цілорічному розташуванні 0°.

Місяць	Кількість прямої сонячної радіації, кВт·год/м2	Кількість розсіяної сонячної радіації, кВт·год/м2	Середні показники температу- ри, °C	Кількість радіації на поверхні модулів, кВт·год/м2	Надход- ження енергії до інвертора, МВт·год	Надход- ження енергії до мережі, МВт·год
Кут нахилу фотоелектричних модулів 0°						
Січень	23,8	15,3	-2,65	23,7	2,45	2,36
Лютий	39	23,57	-2,53	38,9	4,27	4,15
Березень	84,8	42,47	2,58	84,7	9,47	9,24
Квітень	125,8	58,55	9,95	125,7	13,76	13,46
Травень	173,2	73,29	15,97	173,1	18,50	18,11
Червень	180,7	71,96	18,13	180,6	19,08	18,67
Липень	181,4	85,07	21,56	181,3	18,98	18,59
Серпень	153,2	72,51	20,31	153,2	16,1	15,76
Вересень	100,7	48,52	14,11	100,6	10,79	10,54
Жовтень	61,5	31,35	8,96	61,5	6,51	6,35
Листопад	25,1	18,05	3,16	25	2,63	2,54
Грудень	15,7	10,63	-1,53	15,5	1,56	1,49
Сумарно за рік	1164,8	551,1	9,07	1163,7	124,09	121,26



Рисунок 3.18 - Діаграма річної генерації електричної енергії при цілорічному розташуванні фотоелектричних модулів під кутом 0°

Загальний висновок:

Отже, в даному розділі магістерської дисертації були проведенні основні розрахунки річної генерації електричної енергії.

Був проведений аналіз отриманих результатів розрахунків, в результаті якого, були обрані 2 варіанти розміщення фотоелектричних фотоелектричних модулів на даху гуртожитку:

1. Зміна кута нахилу фотоелектричних модулів 2 рази на рік. В період Жовтень – Березень кут нахилу фотоелектричних модулів буде становити 40°, а в період Квітень – Вересень буде становити 20°. При розміщенні рядів фотоелектричних модулів на відстані 2,2 м у кількості 246 шт.
2. Цілорічне розташування фотоелектричних модулів під кутом 0°. При розміщенні рядів фотоелектричних модулів на відстані 1,5 м у кількості 387 шт.

Отже, ці 2 варіанти виявилися найбільш оптимальними з чотирьох розглянутих, для розміщення фотоелектричних модулів за різних умов.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

4.1 Розробка технології дахової системи кріплення для фотоелектричних модулів з можливістю зміни кута нахилу

При зміні кута нахилу фотоелектричних модулів відбувається значне збільшення річної генерації. За рахунок цих висновків було прийнято рішення розробити доступні системи для дахових фотоелектричних станцій, які можуть змінювати кут нахилу фотоелектричних модулів, а саме в період Жовтень-Березень кут нахилу буде становити 40°, а в період Квітень – Вересень буде становити 20°, що забезпечує максимальну генерацію електроенергії ФЕМ. Крім того, кріплення дозволяє при необхідності встановити кут нахилу, що дорівнює 0°, що в ряді випадків дозволяє збільшити виробництво електроенергії за рахунок збільшення кількості фотоелект

4.1.1 Опис ідеї даного проєкту

Під час розробки стартап-проєкту був проведений аналіз наступних показників:

- ❖ Зміст ідеї проєкту.
- ❖ Напрямки застосування.
- ❖ Основні переваги для користувачів.
- ❖ Основні відмінності від існуючих примірників та аналогів.

В таблиці 4.1 зазначений опис основної ідеї стартап проєкту.

Для розуміння основних переваг можливостей проведення аналізу підвищення генерації за рахунок даних кріплень фотоелектричних модулів в порівнянні з іншими системами кріплення, були визначенні основні техніко економічні переваги:

- ❖ Технологія зміни кута нахилу для баластних систем кріплення, які використовуються для кріплення фотоелектричних модулів на плоскому даху будинку.
- ❖ Знижена вартість в порівнянні з іншими конструкціями.

❖ Зацікавленість у розвитку даної продукції.

Таблиця 4.1 Описання основної ідеї стартап проєкту

Зміст ідеї стартап-проєкту	Напрямки застосування	Переваги для користувача
Основна ідея проєкту полягає у аналізі можливостей підвищення генерації шляхом використання конструкції нового зразка для регулювання кута нахилу фотоелектричних модулів, які розташовані на даху будинку.	Застосування для дахових сонячних електричних станцій.	За рахунок даного кріплення є можливість збільшення річної генерації енергії і доступність для користувача.

4.1.2 Технологічний аудит стартап-проєкту

Для даних систем кріплення був проведений аналіз технології завдяки якій є можливість реалізації проєкту.

За для реалізації проєкту – баластної системи кріплення зі зміною кута нахилу фотоелектричних модулів два рази на рік для визначених кутів буде використовуватися нова технологія кріплення фотоелектричних модулів. Технологія полягає у механічному встановленні фотоелектричних модулів під певним кутом, необхідним для максимальної генерації енергії, а також є повністю безпечною для встановлені на даху і не завдає жодної шкоди покрівлі.

В таблиці 4.2 зазначені основні переваги і недоліки в порівнянні з основним конкурентом.

Таблиця 4.2 – Основні переваги та недоліки в порівнянні з основним конкурентом

№	Основні техніко-економічні характеристики	Конструкції конкурентів	
		Мій проєкт (зі зміною кута)	Баластна система кріплення
1	Доступність	+	-
2	Екологічність	+	+
3	Універсальність для різних типів місцевості	+	-
4	Простота в експлуатації	+	+
5	Автоматизованість	-	-

Основним мінусом даної системи є неможливість автоматизованого управління зміною кута нахилу фотоелектричних модулів для певного сезону.

Для впровадження і розвитку проєкту необхідно оцінити основні можливості ринку і попиту, а також провести аналіз основних ринкових загроз, що можуть завдати шкоди виробництву систем кріплення, враховуючи потреби клієнтів, пропозиції конкурентів, а також враховуючи стан ринку.

Наступними основними параметрами для аналізу ринкового середовища були побудовані таблиці факторів, що перешкоджають і навпаки сприяють впровадженню проєкту на ринку. В таблиці 4.3 та 4.4 зазначені фактори, що перешкоджають та сприяють впровадженню проєкту відповідно.

Таблиця 4.3 – Фактори, що перешкоджають впровадженню проєкту

№	Фактор впливу	Загроза	Реакція споживачів
1	2	3	4
1	Фінансовий фактор	Постійне збільшення цін на обладнання і його комплектації	Зниження рентабельності проєкту

1	2	3	4
2	Соціально-економічний фактор	Зниження темпів впровадження відновлюваної енергетики	Різке зменшення кількості проєктів
3	Політичний фактор	Революції, війни, зміна влади, тощо.	Зниження кількості інвестицій, зупинення будівництва
4	Інвестиційний фактор	Зниження кількості інвестицій	Зниження темпів будівництва станцій

Таблиця 4.4 – Фактори, що сприяють впровадженню проєкту

№	Фактор впливу	Зміст сприятливого фактору	Реакція компанії
1	2	3	4
1	Соціально- економічний фактор	Постійне збільшення станцій	Зростання кількості проєктів
2	Законодавчий фактор	Підтримка держави на законодавчому рівні	Зростання темпів по розвитку відновлюваної енергетики
3	Інвестиційний фактор	Збільшення інвестиційних вкладень	Розширення сегменту ринку
4	Технологічний фактор	Розробка новітніх технологій	Зниження вартості обладнання, за рахунок конкуренції

Виходячи з аналізу таблиць 4.3 та 4.4 були зроблені висновки з приводу роботи сучасного ринку з врахуванням при врахуванні факторів, які сприяють розвитку та і навпаки загрожують розвитку даного проєкту. В таблиці 4.5

обґрунтовуються конкурентоспроможність даного проєкту в умовах сучасного ринку.

Таблиця 4.5 – Аналіз конкурентоспроможності стартап-проєкту

№	Фактори конкурентоспроможності	Аналізування
1	Надійність	Висока надійність роботи кріплення
2	Вартість	Доступна вартість для споживачів
3	Витрати на експлуатацію	Майже відсутні
4	Імідж товару	Використання нової технології

Завдяки факторам конкурентоспроможності є можливість обрати правильну стратегію поведінки на ринку.

За для прийняття певної стратегії для зайняття конкурентної ніші, а для розвитку на ринку необхідно обрати 1-2 ринкових сегментів. Головною особливістю стратегії є невеликий розмір сегменту конкурентів.

Ніша повинна задовольняти ряду вимог задля привабливості компаній, а саме:

- ❖ Стабільність протягом тривалого проміжку.
- ❖ Не є привабливою для конкурентів.
- ❖ Повністю відповідає специфічним можливостям компанії, а також її ресурсам та цілям.
- ❖ За для доцільності процесу виробництва, має бути прибутковою.
- ❖ Мати високі захисні бар'єри.

Виходячи з аналізу потреб споживачів до продукту, а виходячи з аналізу обраної стратегії конкурентної поведінки і розвитку проєкту, була розроблена стратегія позиціонування, яка формує ринкову позицію, за допомогою якою відбувається ідентифікація проєкту або компанії. В таблиці 4.6 зазначення стратегія позиціонування проєкту.

Таблиця 4.6 – Стратегія позиціонування проєкту

Основні вимоги споживачів до товару	Стратегія розвитку	Асоціації, які формують позицію проєкту
Простота конструкції, надійність, функціональність, стійкість до факторів впливу	Стратегія диференціації	Просто, надійно, вигідно

Для визначення поведінки стартап-проєкту на ринку необхідно надати систему рішень ринкової поведінки компанії. І основним завданням є формування чіткої маркетингової компанії для товару. В таблиці 4.7 наведені основні переваги концепції стартап-проєкту.

Таблиця 4.7 – Ряд основних переваг концепції стартап-проєкту

Потреби споживача	Основна вигода товару	Переваги перед конкурентами
Збільшення виробітку електроенергії за рахунок баластних систем кріплення фотоелектричних модулів, а також безпечність для покрівлі будинку.	Додатковий прибуток, за рахунок збільшення річної генерації енергії.	Простота конструкції, невелика вартість кріплень, можливість регулювання кута нахилу фотоелектричних модулів для встановлення на плоскому даху.

Наступним кроком буде розрахунок собівартості системи кріплення фотоелектричних модулів для плоского даху, а результати занесені в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок собівартості системи кріплення для 1 фотоелектричного модуля

Найменування	Кількість	Вартість за од.	Загальна вартість
1	2	3	4
Алюмінієвий анодований профіль 80х30х3 (м)	2	154,24	308,48
Алюмінієвий анодований профіль 50х18х2 (м)	2	79,68	159,36
Алюмінієва анодована кругла труба 45х2 (м)	2	117,50	235
Алюмінієва анодована кругла труба 42х2 (м)	2	102,76	205,52
Петля врізна універсальна 40х75х2,5 (шт)	2	102,12	204,24
Саморіз по металу з прес шайбою по металу (шт)	16	0,12	1,92
Кут під 90° (шт)	2	26,12	52,24
Болт М10 70мм (шт)	2	0,81	1,62
Гайка М10	2	0, 19	0,38
Гайка конусна М10	2	0, 24	0,48
Шайба М10	4	0,15	0,6
Кінцевий прижим з анодованого алюмінію	2	38,03	76,06

Продовження таблиці 4.8

1	2	3	4
Центральний прижим з анодованого алюмінію	2	46,5	93
Захисний гумовий килим 250x250x3	4	32,6	130,4
Баласт 200x200	4	5,31	21,24
Загальна вартість конструкції (грн)	1 490,54		
Загальна вартість з врахуванням робіт (грн)	1 788,64		

Загальний висновок:

В даному розділі магістерської дисертації був зроблений опис основної ідеї стартап-проєкту, аналіз ринку і порівняння з прямими конкурентами на ринку. Також були розглянуті основні фактори ризику і фактори, що сприяють розвитку проєкту.

Розробили стратегію позиціонування проєкту і прорахували повну вартість конструкції кріплення фотоелектричних модулів, які дають можливість провести аналіз зміни генерації електричної енергії.

Отже, були зроблені висновки, що даний стартап-проєкт є дуже актуальним для сучасного ринку.

**РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДЛЯ ДАХОВОЇ
СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ГУРТОЖИТКУ №19 НТУУ
«КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

5.1 Економічний розрахунок сонячної електричної станції

5.1.1 Загальний розрахунок вартості дахової сонячної електричної станції при зміні кута нахилу 2 рази на рік

За для розрахунку загальної вартості сонячної електричної станції необхідно розрахувати первинні капіталовкладення. В таблиці 5.1 зазначена вартість і кількість основного обладнання, яке використовується для введення СЕС в експлуатацію.

Таблиця 5.1 Вартість та кількість основного обладнання сонячної електричної станції

Назва обладнання	Тип обладнання	Кількість	Вартість за одиницю обладнання, грн	Сумарна вартість, грн
Фотоелектричний модуль компанії JA Solar, шт	JAM60-S09-320-PR	246	3 120,00	767 520,00
Інвертор компанії Fronius, шт	Symo 10.0-3-M	1	66 590,00	66 590,00
Інвертор компанії Fronius, шт.	ECO 27.0-3-S	2	88 920,00	177 840,00
Кабель для підключення фотоелектричних модулів компанії Solar-Energy, м	PV-1-F-6	900	24,00	21 600,00

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
Кабель підключення до щита збору потужності, м	ПВС 4x2.5	150	31,92	4 792,5
Кабель підключення до щита збору потужності, м	ПВС 4x10	100	117,32	11 732
Кабель підключення до мережі, м	ВВГ 4x25	250	302,14	75 535
Запобіжник компанії ЕТІ, шт.	СН 10x38 gPV	12	72,46	869,52
Вимикач компанії ЕТІ, шт.	LS 32 SMA A2	12	1307,00	15 684
Обмежувач перенапруги ЕТІ, шт.	ETITEC B-PV 1500/12,5 Y RC	3	9 186,87	29 360,61
Щит збору потужності, шт.	-	1	1 842,5	1842,5
Автоматичний вимикач ЕТІ для Сумо 10.0-3-М, шт.	ETIMAT 6 2p C 16A	1	224,00	224,00
Автоматичний вимикач для ЕСО 27.0-3-S, шт.	ETIMAT 10 2p C 50A	2	585,00	1170,00

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
Кріплення фотоелектричних модулів, шт.	-	246	1788,64	440 005,44
Лічильник, шт	NIK 2303 APT2T	1	3 510,00	3 510,00
Система моніторингу кількості виробленої енергії	FRONIUS DATAMANAG ER	1	9 569,00	9 569,00
Загальна вартість без врахування монтажних робіт	1 627 844,57			

Вартість монтажних робіт сонячної електричної станції складає 20 % від загальної вартості СЕС і становить 325 568,91 грн.

Отже повна вартість СЕС становить 1 953 413,48 грн.

Також, для коректного розрахунку терміну окупності станції є необхідність у врахуванні капітального і поточного ремонтів. Капітальний ремонт має проводитися 1 раз на 10 років, а поточний – 1 раз на рік.

Витрати, які вимагає проведення капітального і поточного ремонту можна розрахувати за формулою 5.1.

$$K_p = K_C \cdot k_p \quad (5.1)$$

де, K_C – загальна вартість сонячної електричної станції.

k_p – коефіцієнт перерахунку для поточного та капітального ремонтів. Який становить 0,01 для поточного ремонту і 0,05 для капітального.

Отже, за допомогою формули 5.1 було розраховано витрати, які йдуть на проведення капітального ремонту:

$$K_{\text{кп}} = 1\,953\,413,48 \cdot 0,05 = 97\,670,67 \text{ грн}$$

А також до рахунок формули 5.1 було розраховано витрати, які йдуть на проведення поточного ремонту:

$$K_{\text{поточ}} = 1\,863\,778,96 \cdot 0,01 = 19\,534,13 \text{ грн}$$

Генерація сонячної електричної станції була розрахована в попередніх розділах магістерської дисертації, а в таблиці 5.2 наведені дані загального виробітку електричної енергії.

Таблиця 5.2 - Розрахунку загального виробітку електроенергії

Місяць	Енергія, що надходить до мережі, кВт·год
Січень	2320
Лютий	3510
Березень	7380
Квітень	9440
Травень	12230
Червень	12170
Липень	12380
Серпень	10860
Вересень	7740
Жовтень	5260
Листопад	2190
Грудень	1430
За рік	86910

Але протягом всього періоду експлуатації і гарантійного терміну, який становить 25 років, сонячної станції генерація станції буде змінюватися наступним чином:

- ❖ Протягом 1 – 10 років експлуатації – річна генерація буде становити 100%.
- ❖ Протягом 10 – 15 років експлуатації – річна генерація буде становити 91,2%.
- ❖ Протягом 15 – 20 років експлуатації – річна генерація буде становити 87,7%.
- ❖ Протягом 20 – 25 років експлуатації – річна генерація буде становити 84,5%.

Отже, за допомогою формули 5.2 проведемо розрахунок річної генерації для кожного з вищезазначених термінів експлуатації.

$$Q_n = Q_1 \cdot \mu \quad (5.2)$$

де, Q_1 – річний виробіток електроенергії на початку експлуатації СЕС.

μ – Відсоток виробітку протягом гарантійного терміну.

Вартість 1 кВт електроенергії за «Зеленим» тарифом становить 0,1228 євро центів за кВт·год, або 4,2 грн. за кВт·год. Отже за допомогою формули 5.3 проведемо розрахунок загального прибутку під час гарантійного терміну експлуатації СЕС.

$$P_{\text{пр}} = C_1 \cdot Q_{\Sigma} = 2\,013\,704,7 \cdot 4,2 = 8\,457\,559,74 \text{ грн} \quad (5.3)$$

де, C_1 – значення вартості 1кВт енергії за «зеленим» тарифом.

Q_{Σ} – загальний виробіток протягом гарантійного терміну.

В таблиці 5.3 зазначені розраховані значення річної генерації електроенергії протягом гарантійного терміну експлуатації

Таблиця 5.3 - Значення річної генерації електроенергії протягом гарантійного терміну експлуатації

Період	Енергія, що надходить до мережі, кВт·год/рік	Вирібіток протягом зазначеного терміну, кВт·год/рік
1 – 10 років	86910	869 100
10 – 15 років	79 261,92	396 309,6
15 – 20 років	76 220,07	381 100,35
20 – 25 років	73 438,95	367 194,75
Загальний виробіток електроенергії протягом гарантійного терміну, кВт·год/рік	2 013 704,7	

За допомогою формули 5.4 було розраховано середньорічний прибуток сонячної електричної станції.

$$P_{\text{річ}} = \frac{P_{\text{пр}}}{25} = \frac{8\,457\,559,74}{25} = 338\,302,39 \text{ грн} \quad (5.4)$$

Через те, що споживання на власні потреби гуртожитку не відбувається, а вся вироблена електрична енергії постачається в зовнішню електромережу для її продажу, термін окупності буде залежати від повної вартості СЕС і загального прибутку, що зазначено у формулі 5.5.

$$t_{\text{окуп}} = \frac{K_{\Sigma}}{P_{\text{річ}}} \quad (5.5)$$

де, K_{Σ} – Повна вартість сонячної електростанції, в якій враховуються витрати на капітальний і поточний ремонт розраховується за допомогою формули 5.6.

$$K_{\Sigma} = K_{\text{СЕС}} + K_{\text{кп}} \cdot 2 + K_{\text{поточ}} \cdot 25 \quad (5.6)$$

Отже, отримуємо:

$$K_{\Sigma} = 1\,953\,413,48 + 97\,670,67 \cdot 2 + 19\,534,13 \cdot 25 = 2\,637\,108,07 \text{ грн}$$

За допомогою формули 5.5 проводимо розрахунок терміну окупності сонячної електричної станції:

$$t_{\text{окуп}} = \frac{2\,637\,108,07}{338\,302,39} = 7,8$$

Термін окупності сонячної електричної станції становить 7,8 років.

5.1.2 Загальний розрахунок вартості дахової сонячної електричної станції при цілорічному розташуванні фотоелектричних модулів під кутом 0°

В таблиці 5.3 зазначена вартість і кількість основного обладнання, яке використовується для введення СЕС в експлуатацію.

Таблиця 5.3 Вартість та кількість основного обладнання сонячної електричної станції

Назва обладнання	Тип обладнання	Кількість	Вартість за одиницю обладнання, грн	Сумарна вартість, грн
1	2	3	4	5
Фотоелектричний модуль компанії JA Solar, шт	JAM60-S09-320-PR	378	3 120,00	1 179 360,00
Інвертор компанії Fronius, шт.	ECO 27.0-3-S	4	88 920,00	355 680,00
Кабель підключення до мережі, м	ВВГ 4x25	250	302,14	75 535
Запобіжник компанії ЕПІ, шт.	СН 10x38 gPV	18	72,46	1304,28

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5
Кабель для підключення фотоелектричних модулів компанії Solar-Energy, м	PV-1-F-6	900	24,00	21 600,00
Кабель підключення до щита збору потужності, м	ПВС 4x10	330	117,32	38 715,6
Вимикач компанії ЕТІ, шт.	LS 32 SMA A2	18	1307,00	23 526,00
Обмежувач перенапруги ЕТІ, шт.	ETITEC B-PV 1500/12,5 Y RC	4	9 186,87	36 747,48
Щит збору потужності, шт.	-	1	1 842,5	1842,5
Автоматичний вимикач для ЕСО 27.0-3-S, шт.	ЕТИМАТ 10 2p C 50A	4	585,00	2340
Кріплення фотоелектричних модулів, шт.	-	378	1788,64	676 105,92
Лічильник, шт	NIK 2303 APT2T	1	3 510,00	3 510,00

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5
Система моніторингу кількості виробленої енергії	FRONIUS DATAMANAG ER	1	9 569,00	9 569,00
Загальна вартість без врахування монтажних робіт	2 425 835,78			

Вартість монтажних робіт сонячної електричної станції складає 20 % від загальної вартості СЕС і становить 485 167,16 грн.

Отже повна вартість СЕС становить 2 911 002,94 грн.

За допомогою формули 5.1 було розраховано витрати, які йдуть на проведення капітального ремонту:

$$K_{\text{кп}} = 2\,911\,002,94 \cdot 0,05 = 145\,550,147 \text{ грн}$$

А також витрати, які йдуть на проведення поточного ремонту:

$$K_{\text{поточ}} = 2\,911\,002,94 \cdot 0,01 = 29\,110,03 \text{ грн}$$

Генерація сонячної електричної станції була розрахована в попередніх розділах магістерської дисертації, а в таблиці 5.2 наведені дані загального виробітку електричної енергії.

Таблиця 5.4 - Розрахунку загального виробітку електроенергії

Місяць	Енергія, що надходить до мережі, кВт·год
1	2
Січень	2360
Лютий	4150
Березень	9240

Продовження таблиці 5.4

1	2
Квітень	13460
Травень	18110
Червень	18670
Липень	18590
Серпень	15760
Вересень	10540
Жовтень	6350
Листопад	2540
Грудень	1490
За рік	121 260

Отже, за допомогою формули 5.2 проведемо розрахунок річної генерації для кожного з термінів експлуатації. В таблиці 5.3 зазначені розраховані значення річної генерації електроенергії протягом гарантійного терміну експлуатації.

Таблиця 5.3 - Значення річної генерації електроенергії протягом гарантійного терміну експлуатації

Період	Енергія, що надходить до мережі, кВт·год/рік	Виробіток протягом зазначеного терміну, кВт·год/рік
1 – 10 років	121 260,00	1 212 600,00
10 – 15 років	110 589,12	552 945,6
15 – 20 років	106 345,02	531 725,1
20 – 25 років	102 464,7	512 323,5
Загальний виробіток електроенергії , кВт·год/рік	2 809 594,2	

За допомогою формули 5.3 проведемо розрахунок загального прибутку під час гарантійного терміну експлуатації СЕС.

$$P_{\text{пр}} = C_1 \cdot Q_{\Sigma} = 2\,809\,594,2 \cdot 4,2 = 11\,800\,295,6 \text{ грн} \quad (5.3)$$

За допомогою формули 5.4 було розраховано середньорічний прибуток сонячної електричної станції.

$$P_{\text{річ}} = \frac{P_{\text{пр}}}{25} = \frac{11\,800\,295,6}{25} = 472\,011,826 \text{ грн} \quad (5.4)$$

За допомогою 5.6 розрахуємо повна вартість сонячної електростанції, в якій враховуються витрати на капітальний і поточний ремонт.

$$K_{\Sigma} = 2\,911\,002,94 + 145\,550,147 \cdot 2 + 29\,110,03 \cdot 25 = 3\,929\,853,98 \text{ грн}$$

За допомогою формули 5.5 проводимо розрахунок терміну окупності сонячної електричної станції:

$$t_{\text{окуп}} = \frac{3\,929\,853,98}{472\,011,826} = 8,3$$

Отже, термін окупності сонячної електричної станції становить 8,3 років.

Загальний висновок:

Проаналізувавши отримані результати розрахунків термінів окупності для двох варіантів розміщення фотоелектричних модулів на даху гуртожитку НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», а саме при зміні кута нахилу 2 рази на рік і при цілорічному розташуванні фотоелектричних модулів під кутом 0°. В кінцевому результаті термін окупності для цілорічної системи становить 8,3 роки, а для системи зі зміною кута нахилу – становить 7,8 років.

Отже, хоча термін окупності системи зі змінним кутом менше, було обрано систему з цілорічним розташуванням під кутом 0°, через недолік системи зі змінним кутом вигляді механічної зміни кута, що веде за собою

додаткові затрати у вигляді заробітної для персоналу, який буде обслуговувати станцію.

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Вплив небезпечних і шкідливих факторів на людину в період використання обладнання сонячної станції

Основним шкідливим фактором, що може завдати шкоди людині є струм, який тече по струмопровідним частинам електричних пристроїв, з яких складається сонячна електрична станція.

Охорона праці – це сукупність норм та правил за для збереження здоров'я та життя працівників під час трудової діяльності. При дотриманні основних правил техніки безпеки під час роботи з електричним обладнанням є можливість зменшити відсоток травм на виробництві на 80-90%. Через недотримання елементарних правил з техніки безпеки виникає саме такий відсоток травм.

Електробезпека – це система певних технічних та організаційних заходів, які захищають працівника від дуже небезпечної для життя дії електричного струму, поля, дуги і статичної електрики. Також показує теоретичний та практичний рівень готовності технічного персоналу до виконання робіт. Допуск до роботи з електротехнічним обладнанням неознайомленого персоналу несе дуже велику небезпеку та ризики.

Основні групи допуску технічного персоналу з електробезпеки:

- 1 група – до цієї групи відносять працівників, які під час роботи з установкою мають справу з електричною технікою і електроприладами. Надається безпосередньо після прослуховування інструктажу з техніки безпеки на підприємстві, а також проставлення працівником підпису після проходження інструктажу, в журналі інструктажів для I групи допуску.
- 2 група – до цієї групи відносять працівників, які працюють безпосередньо з електротехнічним обладнанням. Але у працівників цієї

групи допуску не має можливості самостійного підключення електротехнічного обладнання в мережу.

- 3 група – до цієї групи відносять працівників, які можуть виконувати наступні види робіт з електротехнічним обладнанням: проводити первинний огляд та обслуговування електротехнічного обладнання; можливість бути керівником деяких видів робіт, що стосуються установок напругою, до 1000 В, а також слідкувати за чітким дотриманням всіх норм і правил виконання робіт.
- 4 група надається керівникам, які мають дуже великий професійний досвід роботи (керівнику підрозділу, головному енергетику, бригадиру), дана група надає можливість виконувати роботи, що стосуються установок напругою, понад 1000 В.
- 5 група надає можливість працівникам випробовувати електротехнічне обладнання, а також обслуговувати потужні електричні установки.

Електротехнічні установки – це обладнання яке включає в себе(лінії електропередач, машини та апарати, а також будь-яке допоміжне обладнання разом з приміщенням в якому розміщенні електроустановки).

Призначення електротехнічних установок:

- Виробіток електроенергії.
- Передача електроенергії.
- Трансформація електроенергії.
- Розподіл і перетворення електроенергії в інші види енергії.

Причини потрапляння працівників під напругу:

1. Дотик до струмопровідних частин з повністю або частково пошкодженою ізоляцією, а також до струмопровідних частин електричних приладів, що знаходяться під напругою.

2. Дотик, будь-якою частиною тіла до металічних частин конструкції електричних приладів з пошкодженою ізоляцією, що знаходяться під напругою.
3. Ураження напругою кроку.
4. Ураження електричною дугою.

Чинники, які є наслідками дії електричного струму:

1. Чинники електричного характеру:
 - Напруга
 - Сила струму
 - Опір тіла працівника
 - Частота струму
 - Вид струму
2. Чинники, що мають неелектричний характер:
 - Час дії струму на працівника
 - Шлях проходження струму через тіло працівника
 - Певні індивідуальні особливості
3. Чинники, що мають виробничий характер:
 - Включення працівника в електромережу
 - Сприятливі або несприятливі умови зовнішнього середовища

Основним чинником ураження працівника є сила струму. На організм працівника різна величина сили струму завдає вплив різного ступеня важкості. Види порогових значень сили струму на організм працівника:

- Величина електричного струму, яка при проходженні через тіло працівника може викликати досить відчутні подразнення шкіри, називається відчутний проговий електричний струм.
- Величина електричного струму, під час якого можливе виникнення судомних скорочень м'язів в результаті чого працівник не має

можливості самостійно звільнитися з-під дії електричного струму, називається пороговий невідпускаючий електричний струм.

- Величина електричного струму, під час якого можливе проходження електричного струму скрізь тіло працівника і може спричинити фібриляцію серця і може викликати смерть, називається пороговим фібриляційним електричним струмом. В таблиці 4.1 зазначені показники постійного та змінного електричного струму, а також та їх можливий вплив на організм працівника.

Таблиця 6.1 – Тип ураження працівника та показники змінного та постійного струму

Вид електричного струму	Пороговий відчутний електричний струм, мА	Пороговий невідпускаючий електричний струм, мА	Пороговий фібриляційний електричний струм, мА	Смертельно небезпечне значення електричного струму, мА
Постійний струм	5 – 7	50 – 80	300	50
Змінний струм частотою 50 Гц	0,5 – 1,5	6 – 7	80 – 100	50

Струм більше 5 А, може викликати миттєву зупинку серця. При нормальному режимі роботи електричного приладу Миттєву зупинку серця викликає струм більше 5 А. Струм, який проходить через тіло працівника, під час нормальному режимі роботи установки струм, має бути не більше 1 мА для постійного струму та 0,3 мА для змінного.

Класифікація приміщень за ступенем небезпеки:

1. Ознаки приміщень, які відносяться до рівня підвищеної небезпеки:

- Відносна вологість повітря в приміщенні, де знаходиться електричне обладнання значно перевищує показник 75% протягом тривалого часу.
- Температура середовища, де знаходиться електричне устаткування протягом тривалого часу перевищує 35 °С.
- Матеріал з якого виготовлена підлога: цегла, метал, залізобетон, тощо.
- Знаходження під напругою деяких металевих елементів електричного устаткування.

2. Ознаки приміщень, які відносяться до особливо небезпечних:

- Відносна вологість повітря в приміщенні, де знаходиться електричне обладнання близько 100%.
- Хімічно-активне середовище приміщення, в якому знаходиться електричне устаткування.
- Виникнення умов, через які можливе виникнення рівня підвищеної небезпеки в приміщенні.

3. Приміщення в яких відсутні всі можливі ознаки, що зустрічаються в приміщеннях різних типів небезпеки, називаються приміщеннями без підвищеного рівня небезпеки.

Схеми включення працівника в електричну мережу:

1. Дотик працівника до нульового проводу електричного устаткування.
Під час дотику до нульового проводу струм проходити через працівника не буде, тобто $I_{\text{д}}=0$.
2. Дотик працівника до фазного проводу електричного устаткування.
Струм, який буде протікати через працівника буде залежати від опору зовнішнього середовища (чим більше опір тим більш безпечним буде середовище), а також від опору працівника (R). Тобто, струм працівника можливо визначити за допомогою формули $I_{\text{д}}=U/R+r$.

3. Дотик працівника одночасно до фазного і нульового проводу. Струм, який буде протікати через тіло працівника буде максимально можливим, як і прикладена напруга $I_d = U/R$. Отже, дана схема є дуже небезпечною.

Класифікація методів і засобів захисту працівника від дії струму:

- З'єднання основних металевих струмопровідних частин електричного устаткування з землею, називається захисне заземлення.
- З'єднання основних металевих струмопровідних частин електричного устаткування з нульовим проводом, називається занулення.
- Захист в якому спрацьовує автоматичне вимикання електричного приладу у разі виникнення небезпеки ураження струмом, називається захисне відімкнення.
- Захист, який застосовується для захисту працівника від прямого дотику до струмопровідних частин електричного устаткування, називається захисна ізоляція. Ізоляційний опір освітлюваних проводів має бути вище 0,5 МОм, а електричного обладнання – 2,5 МОм.
- Огороджуючі пристрої.
- Під час блокування знімається напруга з певної частин електричного обладнання по якій продовжує протікати струм.
- Засоби, що використовуються під час обслуговування електричної установки (захисні діелектричні рукавички, діелектричний килим, діелектричне взуття і тд.), називаються засоби захисту індивідуального користування.

Основні правила з техніки безпеки при роботі з фотоелектричними модулями:

Необхідний мати досить високий рівень підготовки з охорони праці і технічний рівень підготовки для якісного монтажу сонячних модулів. При потраплянні сонячного світла на фотоелектричні модулі відбувається генерація постійного струму. Отже, при вимиканні провідника постійного

струму, який розташований в електричному ланцюгу, від контролера може відбутися явище електричної дуги.

Основні правила, які необхідно виконувати під час виконання робіт з монтажу фотоелектричних модулів:

- Не вмикати під навантаженням фотоелектричні модулі.
- Контакти і проводи повинні бути: чистими, сухими та в робочому стані.

Так як під час монтажу фотоелектричних модулів існує небезпека ураження струмом, а напруга виникає навіть при невеликому сонячному випромінюванні, необхідно користуватися запобіжниками і автоматичними вимикачами за для безпечного вимикання фотоелектричних модулів з мережі.

Недотримання полярності та неправильне підключення фотоелектричних модулів може призвести до їх пошкодження.

За для уникнення випадків травматизму і пошкодження обладнання під час монтажу фотоелектричних модулів, строго забороняється встановлення обладнання під час сильного вітру, також необхідно провести перевірку впливу механічного навантаження і погодних умов. За дотриманням правил безпеки, фотоелектричні модулі повинні бути заземлені аби зменшити ризик пожежі або ураження електричним струмом. [21]

6.2. Пожежна безпека в період використання обладнання сонячної станції

З чинники, які можуть викликати пожежу:

- Наявність кисню.
- Наявність горючої речовини.
- Наявність мінімальної іскри чи відкритого вогню.

Класи пожеж, що залежать від горіння певних видів речовин:

- Клас А – пожежа, що викликана горінням речовини, яка знаходиться в твердому агрегатному стані і супроводжується тлінням
- Клас В – пожежа, що викликана горінням речовини, яка знаходиться в рідкому агрегатному стані, а також вода не являється розчинником даних речовин.
- Клас С – пожежа, що викликана горінням газів різного типу.
- Клас Д – пожежа, що викликана горінням легких металів, проте не включає металовмісні і лужні сполуки.
- Клас Е – пожежа, що викликана горінням електричних установок, що знаходяться під напругою.

Спосіб, що здатний класифікувати приміщення за рівнем небезпеки за знаходженням певної кількості вибухонебезпечних речовин, називається критерієм небезпеки споруд. За категорією вибухонебезпеки приміщення можливо класифікувати наступним чином:

1. Категорія А. Речовини, з температурою спалаху, яка становить не вище 28 °С, горючі гази, речовини, які при взаємодії з повітрям, водою або між собою можуть бути вибухонебезпечними.
2. Категорія Б. Речовини, з температурою спалаху, яка може бути вищою за 28 °С,. До таких речовин можна віднести пожежо- та вибухонебезпечні речовини, як вибухонебезпечний пил або легкозаймисті речовини.
3. Категорії В. Речовини, що перебувають в твердому і рідкому агрегатних станах, зазвичай можуть реагувати в повітрям, водою і між собою та мають невеликий ступінь займання.

До цієї категорії відносяться деякі негорючі речовини, що можуть перебувати в гарячому або розплавленому стані і можуть виділяти полум'я і

іскри при нагріванні, деякі види твердих речовин, у яких є можливість утилізації як палива, а також горючі газ.

4. Категорія Д. Негорючі речовини, а також матеріали, що перебувають в холодному стані. [20]

Основні чинники виникнення пожежі під час експлуатації сонячних фотоелектричних модулів: струми короткого замикання та струмове перенавантаження, матеріали, що використовуються (можливе лако-фарбове покриття певний частин фотоелектричної установки, а також ізолюючі матеріали, які використовуються).

6.3. Вплив фотоелектричної сонячної станції на навколишнє середовище під час будівництва

6.3.1 Вплив фотоелектричної станції на клімат та мікроклімат.

Будівництво фотоелектричної станції не буде викликати негативний вплив клімат та мікроклімат навколишнього середовища.

6.3.2 Вплив фотоелектричної станції на повітряне середовище.

В період будівництва фотоелектричної сонячної станції можливий забруднюючий вплив на повітряне середовище, а саме викиди пилу, який може спричинити будівельна техніка.

6.3.3 Вплив фотоелектричної станції на водне середовище

Так як дана фотоелектрична станція розташована на даху гуртожитку № 19 НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського і має виходу до відкритих водойм та стічних вод, а також не має санітарних приміщень через їх розташування в середині гуртожитку, можемо зробити, що вплив на водне середовище відсутній.

6.3.4 Вплив фотоелектричної станції на заповідні зони.

Так як будівля гуртожитку № 19 НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського розташована на земельній ділянці, яка не є об'єктом природо-заповідного фонду, то вплив на заповідні зони повністю відсутній.

6.3.5 Вплив фотоелектричної станції на соціальне середовище.

Під час вводу в експлуатацію та будівництві фотоелектричної станції будуть створені додаткові робочі місця, відбудеться внесок у розвиток відновлюваних джерел енергії, а також призведе до певної енергетичної незалежності.

6.3.6 Вплив фотоелектричної станції на техногенне середовище.

Данна сонячна станція, не має негативного впливу на пам'ятки культури, архітектури, а також не спотворює культурний ландшафт навколишнього середовища.

6.4 Вплив фотоелектричної станції на навколишнє середовище, після введення її в експлуатацію

6.4.1 Візуальний вплив фотоелектричної станції.

Так як фотоелектрична станція розташована на даху гуртожитку № 19 НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського і від станції можливу спостерігати тільки висоти польоту птахів та з вищих будівельних споруд, то ніякого впливу на ландшафт не відбувається.

6.4.2 Вплив електромагнітного випромінювання фотоелектричної станції.

Фотоелектрична станція не має високого впливу на навколишнє середовище у вигляді електромагнітного випромінювання, але впливати можуть трансформаторна підстанція та проєктована кабельна лінія по якій відбувається підключення станції до мережі.

6.4.3 Вплив фотоелектричної станції на землекористування.

Через розміщення станції на даху гуртожитку, ніякого впливу на землекористування не відбувається, так як гуртожиток займає площу, яка не може бути використана в інших цілях.

Загальний висновок:

В даному розділі магістерської дисертації був проведений огляд можливих впливів фотоелектричної станції на навколишнє середовище, через що можуть створюватися небезпечні умови для життя людини.

Також було розглянуто створення безпечних умов для праці обслуговуючого персоналу станції.

Після оцінки можливих впливів СЕС на навколишнє середовище було зроблено висновок, що сонячна електрична станція не має негативного впливу на навколишнє середовище і на умови життя людини.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Отже, в даній магістерській дисертації:

1. Проведений оптимізаційний аналіз підвищення сонячної генерації електричної енергії сонячною електричною станцією на даху гуртожитка №19 НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського" шляхом вибору оптимальної дискретної комбінації кутів нахилу фотомодулів.
2. Розглянуті 4 варіанти розміщення фотоелектричної станції на даху гуртожитку, але виходячи з розрахунків річного виробітку електроенергії були обрані 2 варіанти, а саме:
 - Зміна кута нахилу фотоелектричних модулів 2 рази на рік. В період Жовтень – Березень кут нахилу фотоелектричних модулів буде становити 40° , а в період Квітень – Вересень буде становити 20° .
 - Цілорічне розташування фотоелектричних модулів під кутом 0° .
3. Спроектовано два варіанти СЕС з повним вибором електротехнічного обладнання і з можливістю підключення до зовнішньої електричної мережі для обох варіантів.
4. Для вибраних варіантів розраховано загальну вартість СЕС і терміни окупності.
5. Система з механічною зміною кута нахилу вимагає додаткових затрат на обслуговування, що є її основним недоліком.
6. Рекомендовано для реалізації систему з цілорічним розташуванням під кутом 0° .
7. Запропонована оригінальна конструкція трека з дискретною установкою вибраних кутів, вартість якого була розрахована у магістерській дисертації

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Якими є перспективи розвитку сонячної енергії в Україні. Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/yakymy-ie-perspektyvy-rozvytku-soniachnoi-enerhii-v-ukraini>;
2. Встановлена потужність енергосистеми України на 11/2020. Режим доступу: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny>;
3. Зелений тариф . Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/>;
4. Вплив сонячної електростанції на навколишнє середовище, атмосферу та екологію. Режим доступу: <https://solarsystem.com.ua/blog/vplyv-sonyachnoyi-elektrostantsiyi-na-navkolyshnye-seredovyshhe-atmosferu-ta-ekologiyu-mif-chy-realist>;
5. Солнечная энергия как экологический фактор или как СЭС влияют на окружающую среду. Режим доступу: <https://naukatehnika.com/naskolko-bezopasnaya-zelenaya-energetika-solnechnyh-panelej.html>;
6. Вплив тіні на роботу фотоелектричних модулів. Режим доступу: <http://solarsoul.net/vliyanie-teni-na-rabotu-solnechnyx-batarej>;
7. Вибір оптимального місця для встановлення СЕС. Режим доступу: <https://prel.prom.ua/a318183-vibir-optimalnogo-mistsya.html>;
8. Угол наклона и направление солнечных батарей. <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/techtilt.htm>;
9. Типи систем кріплень. Режим доступу: <https://kripter.com.ua/>;
10. These Affordable Solar Panel Blinds Can Help Reduce Your Energy Bill. Режим доступу: <https://www.marthastewart.com/1516009/solar-window-blinds>;
11. ABOUT SOLAR BLINDS. Режим доступу: <https://ecostream.org.uk/about-solar-blind>;
12. World's-first window blinds that double as solar panels. Режим доступу: <https://www.thecivilengineer.org/news-center/latest-news/item/1310-world-s-first-window-blinds-that-double-as-solar-panels>;

13. Are solar shingles worth it? 2020. Режим доступу: <https://solarmetric.com/learn/are-solar-shingles-worth-it;>
14. Solar Shingles: Make Your Roof Solar-Powered (5 Brands). Режим доступу: <https://solarmagazine.com/solar-roofs/solar-shingles;>
15. Основні технічні характеристики фотоелектричних модулів Ja Solar JAM60S09-320/PR 320 WP, MONO. Режим доступу: [http://goingsolar.com.ua/content/files/tehnchn-xarakteristiki-sonjachno-panel-ja-solar-jam60s09-320w_93725551.pdf;](http://goingsolar.com.ua/content/files/tehnchn-xarakteristiki-sonjachno-panel-ja-solar-jam60s09-320w_93725551.pdf)
16. Основні технічні характеристики КАБЕЛЬ SOLAR-ENERGY-PV1-F 6 ММ². Режим доступу: [https://energiya-prirody.prom.ua/p550137138-kabel-solar-energy.html;](https://energiya-prirody.prom.ua/p550137138-kabel-solar-energy.html)
17. Основні технічні характеристики ETITEC S B-PV 1500/12,5 Y. Режим доступу: [https://www.eti.ua/katalogy/obshhij-katalog/etitec-ogranichiteli-perenaprjazhenija;](https://www.eti.ua/katalogy/obshhij-katalog/etitec-ogranichiteli-perenaprjazhenija)
18. Основні технічні характеристики системи моніторингу. Режим доступу: <https://www.solartopstore.com/collections/fronius-monitoring-and-accessories/products/fronius-datamanager-box-2-0>
19. Т.Г. Сабірзянов, проф., д-р техн. наук, О.І. Сіріков, доц., канд. Техн. наук, М.В. Кубкін, асист., В.П. Солдатенко, асист. //Алгоритм визначення густини потоку сонячного випромінювання на довільно-орієнтовану поверхню. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація., 2012, вип. 25, ч.І, стр. 303-312;
20. Техніка безпеки при роботі з фотоелектричними модулями. Режим доступу: [https://studfiles.net/preview/5809811/;](https://studfiles.net/preview/5809811/)
21. НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні». К.: Міністерство внутрішніх справ України, 2014.